
SIGILLVM ACADEMIAE HARVARDIANAE IN NOV ANG
ET
CHRISTO ECCLESIAE
VE RI TAS



ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration des Mines et sous la direction d'une commission spéciale, nommée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée ainsi qu'il suit :

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit, à titre de don, aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit, à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages périodiques, français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux Publics*, à M. l'Ingénieur secrétaire de la commission des ANNALES DES MINES.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Ils peuvent faire faire des tirages à part, à raison de 9 francs par feuille jusqu'à 50, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par livraisons, qui paraissent tous les deux mois.

Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux matières scientifiques et techniques, et un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 90 feuilles d'impression et 24 planches gravées, environ.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour les départements et de 28 francs pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE ARNOUS DE RIVIÈRE, RUE RACINE, 26.

ANNALES

DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SEPTIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME XIII.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES,

Quai des Augustins, n° 49

1878

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIER SEMESTRE DE 1878.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

COLLIGNON (E.). — Recherches sur le mouvement épicycloïdal; par M. Édouard Collignon, ingénieur en chef des ponts et chaussées. In-8°, 33 p. avec fig. et 1 pl. (5247)

HALPHEN. — Sur les points singuliers des courbes gauches algébriques; par M. Halphen, répétiteur à l'École polytechnique. In-8°, 11 p. (5321)

HARETU (C.). — Sur l'invariabilité des grands axes des orbites planétaires; par M. Spiru C. Haretu. In-4°, 51 p. (1959)

ROCHE (E.). — Note sur la loi de la rotation du soleil; par M. Éd. Roche. In-4°, 16 p. (2033)

TISSERAND (F.). — Mémoire sur les déplacements séculaires du plan de l'orbite du huitième satellite de Saturne (Japhet); par M. F. Tisserand, In-8°, 61 p. (2479)

2° *Chimie. — Physique.*

Agendas Dunod. 1878. N° 5. Télégraphes et postes. Transports. A l'usage du public, des receveurs des télégraphes et des postes, des télégraphistes électriciens et constructeurs de lignes électriques, expéditeurs. In-18, 346 p. 1 fr. (2501)

Atlas météorologique de l'observatoire de Paris. Années 1872, 1873, 1874 : in-f° VIII-53 p. cartes et tableaux. Année 1875 : in-f° VIII-74 p., cartes et tableaux. 15 fr. (3287)

Audsley (G. A.) et J. L. Bowes. La céramique japonaise; par G. A. Audsley et J. L. Bowes, de Liverpool. *Édition* française publiée sous la direction de M. Racinet. Traduction de M. P. Louisy. 1re, 2e et 3e livraison. In-f^{o}, XXXVI-12 p et 27 pl. (5441)

Chastaing (P.). — Étude sur la part de la lumière dans les actions chimiques; par D. Chastaing, docteur ès sciences, pharmacien des hôpitaux. In-8°, 65 p. (4971)

Coignard. — Influence des eaux minérales alcalines sur les proportions des principes immédiats de l'urine; par M. le docteur Coignard. In-8°, 8 p. (3901)

Collot (T.). — La potasse indigène. Étude sur la fabrication et le commerce des potasses brutes de betteraves, etc.; par T. Collot. In-18 jésus, 152 p. 3 fr. 50. (3903)

Courtot (Ch.). — Manuel de physique, électricité statique et voltaïque, magnétisme, induction, etc.; par J. C et Ch. Courtot, électricien, mécanicien. Ouvrage illustré de 103 fig. intercalées dans le texte. 1re à 4e *éditions*. In-18, 179 p. (3907)

Crace-Calvert. — Traité de la teinture des tissus et de l'impression du calicot, comprenant les derniers perfectionnements adoptés dans la préparation et l'emploi des couleurs d'aniline. Ouvrage illustré de gravures sur bois et de nombreux échantillons d'étoffes teintes et imprimées; par feu le docteur Crace-Calvert, F. R. S., F. C. S. Traduit de l'anglais, sur la 2e édition, par Auguste Guérout. L'ouvrage complet, 30 fr. (3342)

Debray. — Rapport fait par M. Debray à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, au nom du comité des arts chimiques, sur un procédé d'amalgamation des glaces argentées, présenté par M. Lenoir. In-8°, 8 p. (3018)

Decharme (C.). — Note sur la cause des couleurs variées de la lumière des bolides et des étoiles filantes; par C. Decharme, professeur de physique. In-8. (5503)

Fittig. — Traité de chimie organique, d'après Wœhler; par le docteur R. Fittig, professeur de chimie à l'Université de Strasbourg. Traduction par MM. Ch. de la Harpe et Fr. Reverdin. In-8°, XI-803 p. (1328)

Henninger. — De la nature et du rôle physiologique des peptones; par le docteur A. Henninger, préparateur de chimie à la Faculté de médecine. In-8°, 68 p. (5327)

Limouzin-Lamothe. — Éléments pratiques de chimie agricole, suivis d'une notice sur Roquefort; par Limouzin-Lamothe. In-12, 324 p. 2 fr. (5575)

Seaman. — Aperçus nouveaux sur les causes et les lois des trombes

et des tempêtes, extraits des Voyages de M. Seaman, et traduits de l'anglais, avec l'autorisation de l'auteur, par E. Mansuy. In-8°, 43 p. et 2 pl. (4644)

SERVIER (E.). — De l'éclairage à l'électricité. Bec s'allumant par l'électricité, nouveau condenseur à frottement, fours à cornues tubulaires, écran pour protéger les chauffeurs; par M. E. Servier, ingénieur. In-8°, 19 p. et 8 pl. (1498)

VIGUIER (H.). — Résumé d'une étude critique sur la grêle, établie d'après l'ensemble des phénomènes atmosphériques, physiques et dynamiques, observés dans les diverses régions et, en particulier, dans le midi de la France; par H. Viguier. In-8°, 79 p. (4188)

3° *Géologie, minéralogie, métallurgie.*

AGASSIZ (A.). — Le développement des pleuronectes (note); par Alexandre Agassiz, traduit par Alfred Giard. In-8°, 11 p. Montpellier. (3654)

COTTEAU. — L'exposition géologique et paléontologique du Havre; par M. Cotteau, ancien président de la Société géologique de France. In-8°, 7 p. Paris, imprimerie Chaix et C°. (5253)

HOLLANDE (D.) — Géologie de la Corse. Propositions données par la Faculté des sciences de Paris. Thèses présentées à la Faculté des sciences de Paris pour obtenir le grade de docteur es sciences naturelles; par D. Hollande, professeur de physique au lycée de Chambéry. In-8°, 121 p. et 5 pl. (3408)

LARTET (L.). — Exploration géologique de la mer Morte, de la Palestine et de l'Idumée; par Louis Lartet, docteur ès sciences. In-4°, VI-326 p. et 14 pl. (647)

MATHERON (P.). — Recherches paléontologiques dans le midi de la France, ou Étude sur les animaux fossiles découverts dans cette région; par Philippe Matheron. Livraisons 1 et 2. 15° partie. Terrain tertiaire; fossiles des sédiments déposés sous l'influence des eaux douces. Gr. in-4°, 4 p. et 12 pl. (4120)

RENAULT (B.) — Végétaux silicifiés d'Autun et de Saint-Étienne. Nouvelles recherches sur la structure des sphénophyllum et sur leurs affinités botaniques; par M. B. Renault. In 8°, 35 p. et 3 pl. (3247)

RIOU (A.). — Un mot sur la géologie comparée; par A. Riou. In-8°, 32 p. (4871)

VÉLAIN (Ch.). — Description géologique de la presqu'île d'Aden, de l'île de la Réunion, des îles Saint-Paul et Amsterdam; par Ch. Vélain, doct. ès sciences. In-4°, IV-364 p., 30 pl. et fig. (4902)

4° *Mécanique. — Exploitation.*

COULON. — Description et usage des appareils grisoumètre et carburomètre. Rapport de M. Coulon sur ces appareils. In-8°, 18 p. (3341)

THÉLU. — Notice sur les étais des mines en France; par M. Thélu, sous-inspecteur des forêts. In-4°, 134 p. avec fig. (2689)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

Agendas Dunod. 1878. N° 6. Chemins de fer, à l'usage des ingénieurs, mécaniciens, chefs de gare, et de tous les agents de la construction, de l'entretien, de la traction et de l'exploitation. In-18, 322 p. 1 fr. (2502)

Annuaire du bâtiment, des travaux publics et des arts industriels. 48° année (1878); par Sageret. In-8° à 2 col., XXXII-1552 p. Paris. 5 fr. 50. (2508)

Appareils servant à déterminer la résistance à la traction et à la compression des ciments et des mortiers, de W. Michælis. In-8°, 16 p. et fig. (3283)

BRAME (E.). — Note sur la construction et l'exploitation du 3° réseau des chemins de fer français; par Édouard Brame, ingénieur en chef des ponts et chaussées. In-8°, 15 p. (2742)

CHABAT. — Dictionnaire des termes employés dans la construction et concernant la connaissance et l'emploi des matériaux; par Pierre Chabat, architecte, professeur. Gr. in-8° à 2 col., avec fig. Paris, imp. Quantin et C°. L'ouvrage complet, 30 fr. (4243)

DESMOUSSEAUX DE GIVRÉ et DEGHILAGE. — Mémoire sur les locomotives à très-grande vitesse; par M. Desmousseaux de Givré. 1re partie : Patinage des roues de locomotives. 2° partie : Locomotives à très-grande vitesse (systèmes à mouvements opposés, etc.), étudiées par M. Deghilage. In-8°, 34 p., 2 pl. Paris. (3184)

DUCOMPEX (E. A.). — Traité de la peinture en bâtiment et du décor; par E. A. Ducompex, peintre-décorateur. In-8°, 140 p. Abbeville. (3715)

ÉMY (A. R.). — Traité de l'art de la charpenterie; par A. R. Émy, colonel du génie en retraite. *Nouvelle édition*, revue avec soin, suivie d'éléments de charpenterie métallique et précédée d'une notice sur l'Exposition universelle de 1867 (section des bois); par L. A. Barré, ingénieur civil. 2 vol. in-4°, LX-1318 p. et 157 pl. Paris. (1101)

FALLIÈS (A.). — Étude théorique et pratique sur les chemins de fer à traction de locomotive sur routes; par Alfred Falliès, directeur de la compagnie du chemin de fer de Mamers à Saint-Calais. Accompagnée de deux grandes planches. In-8°, 83 p. (871)

Histoire de l'ornement russe, du Xe au XVIe siècle, d'après les manuscrits; avec introduction par Victor de Boutowski, directeur du Musée d'art et d'industrie à Moscou. In-f°, 30 p. et 100 pl. (298)

LAPPARENT (G. de). — Applications agricoles des constructions ogivales à ossature en fer; par G. de Lapperent, adjoint à l'inspection générale de l'agriculture. Gr. in-8°, 24 p. (4579)

LIGER (F.). — Constructions en fer. Pans de fer et planchers. Maisons en fer recouvert d'enduit. Imprimerie en fer apparent; par F. Liger, architecte. Avec figures intercalées dans le texte. In-8°, 84 p. Paris. 3 fr. (4098)

RAILLARD. — Notice historique sur le nivellement général du département du Nord et sur la carte au 40 millième annexe de cette opération; par M. Raillard, ingénieur en chef des ponts et chaussées du département du Nord. In-8°, 30 p. et carte. (3796)

ROY (E.). — Chemins de fer d'intérêt local. Vade-mecum aux trois points de vue financier, économique et technique; par Edmond Roy, ingénieur civil. In-18, VII-152 p. Paris. (2669)

6° *Sujets divers.*

BARRAL (J. A.). — Résumé des expériences de culture faites par M. Lawes, à Rothamsted, de 1844 à 1876, par J. A. Barral, secrétaire perpétuel de la Société centrale d'agriculture de France. In-8°, 32 p. (3158)

BIXIO. — De l'alimentation des chevaux dans les grandes écuries industrielles. Cinq ans d'expériences sur une cavalerie de 10.000 chevaux. Rapport adressé au conseil d'administration de la compagnie générale des voitures à Paris; par M. Bixio, président du conseil d'administration. In-8°, XII-144 p. (3296)

FÉRAUD-GIRAUD (L. J. D.). — Des voies publiques et privées modifiées, détruites ou créées, par suite de l'exécution des chemins de fer; par L. J. D. Féraud-Giraud. In-8°, 678 p. Aix. 10 fr. (3524)

FIGUIER (L.). — L'Année scientifique et industrielle, ou exposé annuel des travaux scientifiques, des inventions et des principales applications de la science, accompagné d'une nécrologie scientifique; par Louis Figuier. 21 année, 1877. In-18 jésus, 578 p. et pl. 3 fr. 50. (5295)

FLICHE (P.) et L. GRANDEAU. — Recherches chimiques sur la végétation forestière; par P. Fliche et L. Grandeau, professeurs à l'École forestière. In-8°, 121 p. (5019)

FONTAINE (H.). — L'Industrie aux États-Unis. Renseignements pratiques sur la métallurgie, les ponts métalliques, les machines-outils, les moteurs, les chemins de fer et les appareils hydrauliques; par Hippolyte Fontaine. 80 gravures dans le texte et 16 planches doubles. Grand in-4°, 164 p. (3940)

GIFFARD (P.).—Le Téléphone expliqué à tout le monde; par Pierre Giffard. 2°, 3°, 5° et 6° *éditions*, augmentées d'une notice technique et de 5 gravures. In-32, 135 p. (5029)

JUS (H.). — Les plantes textiles algériennes à l'Exposition universelle de 1878. Histoire d'une botte d'alfa; par H. Jus, ingénieur civil. In-8°, 88 p. (5058)

LAMBERT (A.). — L'air comprimé dans la fabrication du sucre; par A. Lambert, fabricant de sucre à Toury (Eure-et-Loir). In-8°, 15 p. avec fig. (3753)

LAMY (E.). — Instruction pour l'emploi du papier-charbon et du papier de transport; par E. Lamy. In-12, 84 p. Paris. 3 fr.50. (3754)

LARUE (A.).—Manuel des voies navigables de la France, avec leur prolongement au delà des frontières; par A. Larue, chef du service des transports des usines du Creusot. In-8°, 408 p. et carte. (5349)

LORAIN.— De la température du corps humain et de ses variations dans les diverses maladies; par P. Lorain, professeur à la Faculté de médecine de Paris. T. II In-8°, 710 p. Les 2 vol., 30 fr. (324)

MOLON (Ch. de). — L'agriculture et le phosphate de chaux. Notice sur les travaux et sur les recherches de M. Ch. de Molon, avec pièces justificatives. In-8°, CLXXVIII-120 p. (690)

MONNIER (D.).—Étude sur les progrès réalisés depuis dix ans dans l'industrie du gaz; par M. D. Monnier, ingénieur. In-8°, 60 p. et 7 pl. (1421)

MUSIN (A.).— Observations sur le conditionnement hygrométrique des matières textiles, les procédés et les taux de reprises d'humidité p. 100 qui doivent servir à fixer le poids loyal et marchand et le titrage uniforme des filés; par Alfred Musin. In-8°, 174 p. (352)

Notices sur les modèles, cartes et dessins relatifs aux travaux des ponts et chaussées réunis par les soins du ministère des travaux publics à l'Exposition universelle de 1878. In-8°, IV-421 p., avec fig. (4613)

TISSANDIER (G.).—Histoire de mes ascensions, récit de vingt-quatre voyages aériens (1868-1877), précédé de simples notions sur les ballons et la navigation aérienne; par Gaston Tissandier. Ouvrage illustré de nombreux dessins par Albert Tissandier. Gr. in-8°, VIII-344 p. (781)

OUVRAGES ANGLAIS.

SOUTHALL. *The epoch of the mammoth*... L'époque du mammouth, et l'apparition de l'homme sur la terre.

BAGOT. *Accidents in mines*... Accidents de mines; causes et moyens préventifs.

COTTERILL. *The steam engine*. La machine à vapeur.

HULL. *The physical geology*... Géologie et géographie physiques de l'Irlande.

—— *Geological map*... Carte géologique de l'Irlande.

HARRISON. *Sketch of the geology*... Esquisse de la géologie du Leicestershire et du Rutland.

RAPIER. *Remunerative*... Chemins de fer à bon marché.

THORPE. *Book of mechanics*. Traité de mécanique; 1re partie, statique.

GUNTHER. *Gigantic land tortoises*... Tortues de terre gigantesques, vivantes et éteintes, du British Museum.

COLLINS. *Mineralogy*. Minéralogie, 1er vol.

LINDLEY and HUTTON. *Illustrations*... Planches de plantes fossiles.

BIGSBY. *The flora and fauna*... Flore et faune des périodes dévonienne et carbonifère.

TOMKINS. *Principles*... Principes de la construction des machines.

CLIFFORD. *Elements of dynamics*. Éléments de dynamique.

DAWSON. *Acadian geology*. Géologie acadienne, structure géologique, restes organiques et ressources minérales de la Nouvelle-Écosse.

Aids to chemistry. Manuel de chimie. Partie II, chimie inorganique, métaux. Par *C. E. Ormand Semple*.

JORDAN. *Geological map*... Carte géologique de Londres.

RAMSAY. *Geological map*... Carte géologique des îles Britanniques.

PATRICK. *Early records*... Rapports récents sur l'exploitation des mines en Écosse.

BAYNES. *Lessons*... Leçons de thermodynamique.

MILLAR. *Elements*.... Éléments de géométrie descriptive.

ROSCOE and WATERHOUSE. *Description*... Description des laboratoires de chimie du collége d'Owen, à Manchester.

SABINE. *Contributions*... Contributions à l'étude du magnétisme terrestre.

SIEMENS. *Utilisation of heat*... Utilisation de la chaleur et autres forces.

WRIGHT. *Metals*... Les métaux et leurs principales applications industrielles.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

NYSTROM. *Steam*... Propriétés physiques des gaz permanents et des différents genres de vapeurs. New-York.

RAYMOND. *Statistics of mines*... Statistique des mines et de leur exploitation dans les États et les territoires à l'ouest des montagnes Rocheuses. Washington.

SCHUMANN. *A manual*... Manuel du chauffage et de la ventilation. New-York.

WOOD. *The principles*... Principes de mécanique élémentaire. New-York.

HITCHCOCK. *Geology*... Géologie du New-Hampshire. 2ᵉ vol., Géologie stratigraphique. Concord.

STONE. *Magnetic variations*... Variations magnétiques aux États-Unis. New-York.

OUVRAGES ALLEMANDS.

v. ETTINGSHAUSEN. *Die fossile Flora*... Flore fossile de Sagor, en Carniole. 2ᵉ partie. Vienne.

Neues Handwörterbuch der Chemie... Nouveau dictionnaire de chimie; composé et rédigé par *H. v. Fehling*, avec le concours de Bunsen, Fittig, Fresenius, etc. Livraisons 24 et 25, 2ᵉ vol. Brunswick.

HATTENDORFF. *Algebraische Analysis*. Analyse algébrique. Hanovre.

KLEIN. *Theorie der Elasticität*... Théorie de l'élasticité, de l'acoustique et de l'optique. Leipzig.

MARTINI und CHEMNITZ. *Systematisches Conchylien-Cabinet*... Col-

lection systématique de coquilles. Publié et complété par *H. C. Küster*, en collaboration avec Philippi, L. Pfeiffer, Dunker et E. Rœmer; continué après sa mort par *W. Kobelt* et *H. C. Weinkauff*. Livraisons 264 à 268. Nüremberg.

SCHRAUF. *Atlas der Krystall-Formen...* Atlas des formes cristallines du règne minéral. Livraisons 4 et 5. Vienne.

WINKLER. *Anleitung zur chemischen...* Guide pour l'analyse chimique des gaz industriels. 2e partie, analyse quantitative, 1re livraison. Freiberg.

GERHARDT. *Geschichte der Mathematik...* Histoire des mathématiques en Allemagne. Münich.

VAN'T HOFF. *Ansichten...* Considérations sur la chimie organique. 1re livraison. Brunswick.

NOVAK. *Beitrag zur Kenntniss...* Contribution à l'étude des bryozoaires de la formation crétacée de la Bohême. Vienne.

Palæontographica. Beiträge... Contributions à l'histoire naturelle du monde primitif. Publié par *W. Dunker* et *A. Zittel*. Suppl. III, livraisons 5-7; vol. XXV, livraisons 1 à 3. Cassel.

V. KAVEN. *Vorträge über Eisenbahnbau...* Leçons sur la construction des chemins de fer, professées au Polytechnikum à Aix-la-Chapelle. n° VI. Aix-la-Chapelle.

SUSSEMIHL. *Handbuch...* Manuel de la construction des chemins de fer. Stuttgard.

V. DRASCHE. *Fragmente zu einer Geologie...* Fragments pour la géologie de l'île Luçon (Philippines). Vienne.

FISCHER. *Die chemische Technologie...* Technologie chimique de l'eau. 1re livraison. Brunswick.

HENRICH. *Vorträge über Geologie.* Leçons de géologie. 3e fascicule. Wiesbaden.

KALKOWSKY. *Die Gneissformation...* La formation gneissique de l'Eulengebirge. Leipzig.

KOLBE. *Ausführliches Lehrbuch...* Traité complet de chimie organique. 3e vol., 1re partie; rédigée par *E. v. Meyer* et *A. Weddige*. Livraisons 5 à 10. Brunswick.

—— *Kurzes Lehrbuch...* Petit traité de chimie inorganique. Seconde moitié, 2e livraison. Brunswick.

NATHORST. *Beiträge...* Contributions à la flore fossile de Suède. Stuttgard.

PREDIGER. *Die Elemente...* Éléments de géométrie analytique à trois dimensions. Klausthal.

RÜHLMANN. *Handbuch...* Manuel de la théorie mécanique de la chaleur, d'après Verdet. 2e vol., 1re livraison. Brunswick.

BALLEWSKI. *Die Calculation...* Calculs pour les fabricants de machines. Magdebourg.

HEINZERLING. *Die Brücken...* Les ponts actuels. 2e partie, ponts en pierre, fascicule 2. Aix-la-Chapelle.

Eisen, Holz... Emploi du fer, du bois et de la pierre dans la construction des ponts. Leipzig.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften... Manuel des connaissances de l'ingénieur, pour les ingénieurs des chemins de fer, des routes et des eaux, par *Heusinger v. Waldegg*, *Franzius* et *Sonne*. 3e vol., 1re moitié. Leipzig.

KERPELY. *Ueber Eisenbahnschienen.* Sur les rails de chemins de fer. Leipzig.

MEISSNER. *Die Hydraulik...* L'hydraulique et les moteurs hydrauliques. 2e vol., fascicule 1. Iéna.

STRIPPELMANN, *Die Petroleum-Industrie...* L'industrie du pétrole en Autriche et en Allemagne. 1re partie, Autriche. Leipzig.

WINKLER. *Vorträge über Brückenbau.* Leçons sur la construction des ponts. Ponts en fer, 4e fascicule. Vienne.

HARDER. *Die Theorie der Bewegung...* Théorie du mouvement de l'eau dans les rivières et les canaux. Hambourg.

HAUPT. *Die Fauna...* La faune des couches à graptolithes. Görlitz.

HOYER. *Lehrbuch...* Traité de technologie mécanique comparée. 6e livraison. Wiesbaden.

KOSAK. *Grundriss...* Principes de technologie mécanique. Vienne.

ZINCKEN. *Ergänzungen...* Compléments à la physiographie du lignite. Leipzig.

OUVRAGES ITALIENS.

BOMBICCI. *Contribuzioni...* Contributions de minéralogie. Bologne.

FAVALLINI. *I Camuni...* Les Camuni et leur vallée, description topographique, géologique, industrielle, etc., de la Valcamonica. Brescia.

Enciclopedia di chimica... Encyclopédie de chimie scientifique et industrielle, ou dictionnaire général de chimie, ouvrage original, dirigé par *F. Selmi*. vol. X, fasc. 10 à 14; vol. XI, fasc. 1 à 4. Turin.

GRATTAROLA. *Dell' unità...* De l'unité cristallonomique en minéralogie. Florence.

Atti della Societa... Actes de la société Toscane des sciences naturelles de Pise. vol. III, fasc. 1. Pise.

SEGRÈ. *I motori atmosferici...* Les moteurs atmosphériques à gaz. Turin.

SELLA. *Primi elementi...* Premiers éléments de cristallographie. Turin.

GANTERO. *Sunto delle lezioni...* Résumé des leçons sur la vapeur et les machines à vapeur, faites à l'école professionnelle de Biella. Biella.

SPADA. *Appunti geologici...* Renseignements géologiques sur l'arrondissement d'Osimo. Osimo.

PARODI. *Brevi cenni...* Quelques renseignements sur les mines de cuivre de Roccafederighi. Florence.

Annali del ministerio... Annales du ministère de l'agriculture, de l'industrie et du commerce. Année 1877, premier et second sesemestres. Statistique. Rome.

BIDOU. Gisements des bitumes, pétroles et de divers minéraux dans les provinces de Chieti et de Frosinone, et traitement des matières bitumineuses à Letto Manopello. Sienne.

CANTONI. *Sul raffreddamento...* Sur le refroidissement des solides pulvérulents. Florence.

RICCI. *Sulla teoria...* Sur la théorie électro-dynamique de Maxwell. Pise.

RUBBINI. *La thermodinamica.* La thermodynamique.

ORGANO. Appareil breveté pour la transmission des signaux des chemins de fer. Padoue.

MARIGNANI. *Idraulica...* Hydraulique pratique. Rome.

Amministrazione... Administration des mines et fonderies royales de fer en Toscane. Notes statistiques sommaires sur les mines de fer de l'île d'Elbe. Livourne.

ROITI. *La viscosita...* La viscosité et l'élasticité dans les liquides. Pise.

SERPIERI. *Il terremoto...* Le tremblement de terre de Rimini de la nuit des 17-18 mars 1875, et considérations générales sur diverses théories sismologiques. Urbino.

Chemins de fer de la haute Italie. Applications pratiques de la théorie sur les systèmes élastiques, avec tables. Milan.

ANNALES

DES MINES.

ÉTUDE

SUR

LA CONFECTION DES OUTILS D'AJUSTAGE

Par M. Georges MARIÉ,
Ancien élève de l'École polytechnique,
Ingénieur attaché au service du matériel du chemin de fer de Lyon.

INTRODUCTION.

Dans tous les grands ateliers de construction, les machines-outils ont pris une importance considérable. Jusqu'à présent on a laissé aux ouvriers le choix de la forme de leurs outils. Les ouvriers travaillent aux pièces ; il est donc à présumer que, par une longue pratique, ils ont dû arriver à la forme des outils qui leur permet de faire le plus d'ouvrage par jour. Cependant la meilleure forme des outils dépend de bien des éléments variables, angle, forme du tranchant, vitesse, forme générale de l'outil, trempe, forme de la section du copeau, etc. Ayant ainsi une foule d'éléments à faire varier pour arriver au meilleur résultat, il est réellement très-difficile aux ouvriers d'arriver à donner aux outils la forme la plus avantageuse.

D'autre part, il faut tenir compte de la force motrice nécessaire pour faire un travail donné. On verra, par la suite, que les formes d'outils les plus convenables pour obtenir

le maximum de travail utile d'une machine-outil sont aussi les meilleures pour l'économie du travail moteur. Comme d'ailleurs la dépense de charbon est peu de chose par rapport aux salaires des ouvriers, nous nous proposerons surtout de faire donner à une machine tout ce qu'elle peut fournir de travail utile. Ce que nous appellerons *rendement* d'une machine-outil c'est le volume du copeau qu'elle peut enlever en une seconde; ce nombre nous représentera le travail utile de la machine.

On a proposé bien des systèmes pour augmenter le rendement d'une machine. Avant de se prononcer sur la valeur de ces systèmes, il est essentiel de faire une étude complète des outils. M. Joëssel, sous-directeur des ateliers de la marine, à Indret, a fait des expériences précises qui lui ont montré les angles et la forme des outils que l'on doit employer.

Ces expériences ont été expliquées dans un rapport qu'on a publié dans l'*Encyclopédie Roret* (*Machines-outils*, par Chrétien) et dans le *Mémorial du génie maritime.* M. Jaÿ, ingénieur de la marine, a publié aussi un travail intéressant sur les outils. Il est inutile de donner la description complète de ces expériences, qui ont servi de point de départ à ce rapport (*). Je rappellerai seulement leurs résultats. J'ai cherché aussi l'influence de la forme de la section du copeau et surtout les conditions que doit remplir l'outil entre le tranchant et le porte-outil; cette partie est tout à fait essentielle dans l'étude des outils et a été jusqu'à présent abandonnée à la pratique. Cette étude nous a conduit en même temps à trouver les conditions que doit remplir une machine-outil qu'on veut commander à un constructeur.

(*) La théorie des outils de M. Joëssel est résumée dans le § 1 de la première partie sous le titre : *Mode de travail d'un outil quelconque.* Nous y avons ajouté quelques modifications basées sur des expériences faites dans nos ateliers.

J'ai divisé ce travail en quatre parties :

1re partie. — Étude théorique sur les outils.
2e partie. — Application de ces principes aux outils des diverses machines.
3e partie. — Organisation d'un atelier d'ajustage.
4e partie. — Etude des divers systèmes proposés pour augmenter le rendement d'un atelier d'ajustage.

NOTA. — Pour faciliter la lecture, j'ai conservé dans tout mon travail les mêmes notations pour toutes les données et dimensions de l'outil.

PREMIÈRE PARTIE.

ÉTUDE THÉORIQUE SUR LES OUTILS.

---

§ 1. — Mode de travail d'un outil quelconque.

Effort exercé sur le tranchant P. — On peut comparer un outil à un coin.

Étant donné un barreau prismatique, soit A (Pl. I, *fig.* 1), une vue en élévation de ce barreau et B la section par *cd*, je me propose d'enlever à sa surface une épaisseur *ab a'b'* de métal. Je prends un coin ayant une arête tranchante droite, appelée *tranchant*, se projetant verticalement en T et ayant toute la largeur *a'd'* du barreau. Si je donne au tranchant, dans le sens de la flèche, un mouvement relatif par rapport à la pièce, il va détacher un copeau qui se retroussera en *Tef*. Ce copeau présente les caractères de la rupture par compression.

Pour faire avancer l'outil il faut exercer sur lui un effort P parallèlement à la face qu'on veut raboter. Cet effort peut se décomposer en trois parties : p_1, p_2, p_3.

1° L'effort p_1 nécessaire pour cisailler la surface :

Il est facile de prévoir comment varie p_1, quand on fait

varier les éléments qui constituent l'outil et le copeau. Ces résultats ont été vérifiés par des essais faits dans nos ateliers :

Variations de p_1.
- Il croît avec la largeur du copeau.
- Il croît avec le coefficient de rupture par cisaillement du métal de la pièce à travailler.
- Il ne dépend ni de l'angle α du coin, ni de la nature du métal qui constitue l'outil.

2° L'effort p_2, nécessaire pour courber le copeau.

On peut encore prévoir les variations de p_2 :

Variations de p_2.
- Il croît avec la résistance à la rupture par flexion du métal à travailler.
- Il ne dépend pas de la nature du métal de l'outil.
- Il est d'autant plus grand que le copeau est plus détérioré, c'est-à-dire plus courbé ; donc il croît quand on fait croître α de 0 à 90 degrés, il serait nul pour $\alpha = 0$.

3° L'effort p_3, nécessaire pour vaincre le frottement du copeau sur l'outil :

Variations de p_3.
- Il est proportionnel au coefficient de frottement de l'acier sur le métal à travailler, c'est-à-dire qu'il est à peu près constant, quelle que soit la nature de l'acier de l'outil.
- Il est proportionnel à la pression du copeau sur le tranchant : or cette pression est d'autant plus petite que le copeau est plus détérioré, c'est-à-dire plus courbé ; donc il décroît à mesure que l'angle α croît.
- On peut diminuer p_3 en diminuant le coefficient de frottement, c'est-à-dire en lubrifiant l'outil.

Remarque. — On a pu remarquer que, contrairement à l'explication de M. Joëssel, nous avons introduit dans P une force p_1 qui croît avec la surface cisaillée. Cette hypothèse résulte d'une expérience faite dans nos ateliers. Nous avons constaté que P croît avec la largeur du copeau,

la surface de la section restant constante. Comme p_2 et p_3 ne peuvent que décroître dans ces circonstances, c'est qu'il existe une force p_1 qui croît en même temps que la largeur de la surface cisaillée par le tranchant.

Quand nous parlons de l'épaisseur, de la largeur et de la surface de la section du copeau, nous supposons que cette mesure se fait sur la pièce, en calculant le volume de la partie enlevée, et non sur le copeau qui est déformé et dont les dimensions sont indéterminées.

Direction de P. — Il est intéressant de connaître la direction de P (*fig.* 2): p_1 doit être dans la direction de la surface cisaillée ou dans la direction du chemin parcouru par le tranchant; p_2 est normal à la face TA et p_3 est dans son prolongement. La résultante P est donc une force (*fig.* 3) qui fait généralement un petit angle β avec la trajectoire TM du tranchant, angle qui est d'autant plus grand que α est plus petit. La pratique vérifie complétement ce fait. Nous appellerons P_n et P_t les composantes de P normale et tangente à la trajectoire de T.

Minimum de P_t. — On a vu que p_1 ne varie pas avec α (*fig.* 1);

p_2 croît quand α croît;
p_3 décroît quand α croît.

On conçoit donc qu'il y ait une valeur de α qui donne à P une valeur minimum; il en est de même pour P_t.

Cette valeur de α doit dépendre de la nature du métal à travailler, mais ne varie pas avec celle de l'acier de l'outil, ni avec la vitesse. On peut trouver la vérification de ces résultats dans les tableaux de M. Joëssel, qui fixent la valeur convenable de α pour chaque métal à travailler.

Le travail à vaincre par la machine-outil se compose :

1° Du produit de P_t par le chemin parcouru, c'est ce que nous appellerons le travail utile; 2° du travail absorbé par les résistances passives de la machine.

Nous ne nous occuperons dans cette étude que du premier.

Angles d'incidence et de tranchant. — Pour éviter le frottement de la partie plane inférieure TB de l'outil sur le métal (*fig.* 4), on a ménagé un angle ATB$=i$, qui est le même dans tous les cas et qu'on appelle *angle d'incidence*, l'angle θ est l'*angle de tranchant :* ainsi $i+\theta=\alpha$.

§ 2. — Manière la plus économique d'enlever du métal sur une pièce.

Considérations générales. — J'ai supposé précédemment que j'enlevais d'un seul coup tout le métal à supprimer. Mais, généralement, l'effort P_t correspondant briserait la pièce à travailler. Si par exemple je veux tourner le bandage d'une roue en enlevant tout le fer d'un seul coup, je décollerai le bandage ou je fausserai les rayons. Quant à P_n, sa valeur est en général trop faible pour être dangereuse.

Limite de P_t. — Pour chaque pièce à travailler, il y a donc un effort Q, facile à déterminer approximativement, et qu'il ne faut pas atteindre sous peine de la briser.

Il faut donc que P_t soit $<$ Q.

Connaissant la limite Q de P_t, je vais étudier comment il faut fixer tous les éléments de l'outil pour enlever le copeau le plus gros possible sans dépasser Q, puis je verrai à quelle vitesse je pourrai faire aller l'outil, et comment il faudra subdiviser, en un certain nombre d'opérations ou *passes*, le travail à faire.

Détermination des éléments de la partie tranchante. Angles. — Nous allons chercher les dimensions de la partie tranchante de l'outil qui correspondent au minimum de P_t, pour une surface donnée de section de copeau.

M. Joëssel a trouvé pour i la valeur de 4° environ dans tous les cas; pour θ la valeur de 50° pour le fer et la fonte, et de 65° pour le bronze; il n'a pas fait d'essais pour l'acier, nous avons constaté que l'angle de 50° est aussi le meilleur

pour l'acier quand toutefois il suffit pour assurer la résistance du tranchant.

Il a constaté aussi que pour les métaux comme la fonte et le bronze, dont les copeaux se détachent et tombent immédiatement, un écart de quelques degrés dans la valeur de θ n'a que peu d'influence.

Au contraire, pour le fer, une erreur de 3° en plus ou en moins dans cette valeur de θ, augmente de 30 p. 100 la valeur de P_t. Donc, pour le fer seulement, il faudra une grande précision dans l'affûtage de l'outil.

L'angle i demande aussi à être donné avec une certaine précision.

Forme du copeau.—L'expérience prouve que P croît quand on fait décroître le rapport de l'épaisseur e à la largeur l du copeau (*fig.* 5) en lui conservant une section constante. On peut s'en rendre compte en remarquant que, en faisant croître $\frac{e}{l}$, on augmente p_2 et p_3, qui augmentent avec le moment d'inertie de la section du copeau; mais on diminue p_1 qui croît avec la largeur du copeau.

Cela prouve que p_1 a plus d'influence que p_2 et p_3 ensemble.

Ainsi, d'une part, il y a avantage à prendre des copeaux épais et étroits; d'autre part, on verra que, en augmentant $\frac{e}{l}$, on augmente la fatigue de l'outil; il y a donc une valeur convenable de $\frac{e}{l}$. En faisant varier le rapport $\frac{e}{l}$ depuis $\frac{1}{3}$ jusqu'à $\frac{1}{50}$, on trouve que l'effort P varie seulement dans un rapport de 7 à 10; donc une petite variation dans le rapport $\frac{e}{l}$ n'a pas d'importance; on peut le choisir entre $\frac{1}{3}$ et $\frac{1}{10}$ à volonté, sans s'écarter sensiblement du minimum de P. Il en est de même pour P_t.

Forme curviligne de l'arête tranchante. — Une autre expérience nous a montré que la forme curviligne de l'arête tranchante augmente peu P_t, à condition que la courbure ne soit pas trop grande ; dans ce cas, on compte en chaque point de l'arête les angles i et θ dans un plan normal à l'arête en ce point. — On verra plus loin les avantages de cette forme du tranchant.

Surface de section du copeau et valeur de P_t. —On vient de voir quelles sont les conditions qui, à égalité de surface de section du copeau, donnent la valeur minimum à P_t : ce sont ces conditions qu'il faudra adopter pour avoir une section maximum de copeau correspondant à une valeur donnée Q de P_t, autrement dit c'est de cette façon qu'on pourra enlever les copeaux les plus considérables, et par suite faire faire le plus de travail possible à un ouvrier.

Supposons que l'outil soit dans ces conditions. Nous avons constaté dans les ateliers que l'effort P_t est, à très-peu près, proportionnel à la surface S de la section droite du copeau. Cela résulte aussi des expériences de M. Joëssel.

Nous avons mesuré dans les ateliers l'effort qu'il faut exercer pour faire avancer l'outil dans la matière, en y comprenant les frottements dus aux plateaux.

Nous avons trouvé, par millimètre carré de section de copeau :

150 kilog. pour le fer,
70 kilog. pour le bronze,
90 kilog. pour la fonte,
250 kilog. pour l'acier.

Nous avons pris, pour ces essais, des métaux de dureté moyenne : ces chiffres varient notablement avec les qualités du métal travaillé. Nous avons choisi un outil construit dans les meilleures conditions. Ces nombres augmenteraient si l'on prenait un outil mal fait.

Cela nous montre que le *travail* moteur dépensé pour enlever un même poids de copeaux ne dépend pas de S :

donc, en donnant à S la plus grande valeur possible, c'est-à-dire en enlevant les copeaux les plus gros possibles, on n'augmente pas la dépense de charbon du moteur pour un travail déterminé.

Vitesse relative de l'outil par rapport à la pièce. — Ce qui limite la vitesse, c'est l'échauffement de l'outil qui finit par le détremper et l'émousser, ce qui augmente énormément P et met de suite l'outil hors de service. M. Joëssel a montré qu'il y a pour chaque métal et chaque grosseur de copeau une valeur de la vitesse qui donne à P_t une valeur minimum, mais ces variations de P_t sont assez faibles et il vaut mieux aller à la plus grande vitesse possible sans détremper l'outil : nous admettrons dans la suite que P_t est indépendant de la vitesse.

M. Jaÿ, ingénieur de la marine, a montré que, à chaque valeur de la section S du copeau correspond une vitesse maximum V pour chaque métal, et que cette vitesse décroît quand S augmente. Néanmoins la vitesse décroît beaucoup moins vite que S n'augmente, de sorte que le rendement, c'est-à-dire le volume du copeau enlevé par seconde, augmente quand S augmente : ainsi il est essentiel d'enlever les copeaux les plus gros possibles, et ensuite de chercher à aller le plus vite possible.

La manière inverse de procéder, qui consisterait à se donner d'abord la vitesse, serait vicieuse, car on ne serait jamais sûr d'avoir le maximum du rendement.

L'examen de nos machines-outils nous a donné des chiffres qui se rapprochent beaucoup de ceux de M. Jaÿ. Nous résumerons ces chiffres dans des tableaux graphiques tracés sur la planche II. Cette corrélation entre la vitesse et la section du copeau nous servira de base dans l'étude de l'organisation d'un atelier. Si la machine considérée est une machine à raboter, nous ne tiendrons pas compte, pour le rendement, du temps de retour pendant lequel l'outil ne travaille pas.

Remarque. — En réalité, les vitesses trouvées par M. Jaÿ sont un peu plus fortes que les nôtres. Il a augmenté la vitesse en diminuant le rapport $\frac{e}{l}$ de l'épaisseur à la largeur du copeau. En effet, l'effort P_t étant réparti sur une plus grande largeur de tranchant, chaque point doit s'échauffer moins. L'expérience montre qu'il en est ainsi : mais comme cette diminution du rapport $\frac{e}{l}$ correspond à une augmentation de P_t, il n'y a aucun avantage à l'adopter.

On pourrait songer à augmenter la vitesse en diminuant l'échauffement par une puissante injection d'eau froide sous le tranchant dans l'angle i lui-même. Ce procédé a été essayé dans nos ateliers, il permet une augmentation de vitesse de 10 p. 100, mais il a l'inconvénient de répandre de l'eau en grande quantité sur les machines.

Résistance du tranchant de l'outil à la rupture. — Nous avons supposé jusqu'à présent que l'outil était assez résistant pour ne pas casser suivant *ab* (*fig.* 6). Le hasard fait que l'angle θ, qui donne à P_t la valeur minimum, est le plus souvent suffisant pour assurer la résistance de l'outil. Quelquefois, cependant, pour certains aciers par exemple, on est obligé de donner à θ une valeur plus grande que celle qui convient pour le minimum de P_t. On pourrait encore diminuer le rapport $\frac{e}{l}$ ou élargir le copeau ; la pratique indiquera la manière dont il faudra se servir de ces deux moyens.

La trempe qu'on doit donner au tranchant doit augmenter avec la dureté du métal qu'on travaille, mais comme un métal très-dur a un très-faible allongement de rupture, il casse au moindre choc ; aussi trempe-t-on le tranchant le moins qu'on peut. La dureté de la trempe augmente en même temps que l'angle θ. Pour le bronze, l'angle-type

de 65° permet néanmoins de tremper moins dur que pour l'acier, quoique l'angle soit plus fort. C'est ce que les ouvriers font toujours. On verra à la fin l'indication du degré de trempe convenable pour chaque métal.

Division du travail. — Nous avons commencé par déterminer l'effort Q que P_t ne doit pas atteindre : on a vu quelle est la surface maximum S de la section du copeau correspondante, on sait quelles doivent être sa largeur et son épaisseur, et la vitesse la plus grande que l'outil pourra atteindre ; nous connaissons aussi les angles i et θ et la forme du copeau. Il nous reste à partager le travail en un certain nombre de *passes*.

Soit une masse de métal AA′ (*fig.* 7) sur laquelle on se propose d'enlever une couche d'une épaisseur *a′c′*, *ac* :

Il y a deux manières de faire le travail :

1° On subdivise cette couche en plusieurs autres *ab*, *bc*, dont l'épaisseur est au plus égale à la largeur l du copeau qu'on peut enlever, puis on donne à chaque copeau l'épaisseur e que nous connaissons aussi. Les copeaux se succèdent, comme l'indique la *fig.* 7 ; la profondeur *ab* prend le nom de *prise*, et la quantité dont il faut faire avancer l'outil de droite à gauche et horizontalement s'appelle *serrage*.

Le produit de la prise par le serrage est égal à S ; c'est le meilleur moyen de mesurer cette surface de section.

La courbure que l'on donne à l'arête tranchante TT (*fig.* 8) sert à diminuer autant que possible les aspérités qui restent sur la pièce après le passage de l'outil. Les arêtes A, B, qui subsistent, sont d'autant moins grandes que le rayon de courbure est plus grand dans les environs de la tangente horizontale.

Remarque. — Si l'épaisseur du métal à enlever est plus petite que la largeur l du copeau qu'on peut enlever, on conserve la valeur convenable de $\frac{e}{l}$ en inclinant le tranchant davantage (*fig.* 9). Ainsi, contrairement à un

préjugé répandu, on peut enlever des copeaux aussi gros qu'on veut, même quand on n'a qu'une faible épaisseur de métal à enlever. Ce qui limite les dimensions du copeau, ce n'est pas l'épaisseur du métal à ôter, mais la limite de solidité de la pièce qu'on travaille ou le plus souvent celle de la machine-outil qui est presque toujours trop faible.

2° Soit encore à enlever une épaisseur *ac* de métal (*fig.* 10) ; on peut mettre le tranchant horizontal et lui donner une forme rectiligne : de cette façon la prise est égale à *e* et le serrage à *l*. Ce système est excellent pour polir ou *planer* une surface, mais il occupe beaucoup l'ouvrier qui est obligé de ramener son outil à chaque instant au point de départ pour recommencer une passe. On s'en sert donc seulement pour polir une surface. Ces deux manières de diviser le travail n'influent en rien sur P_t, pourvu qu'on garde les mêmes valeurs de *e* et de *l*. Ainsi P_t ne dépend pas de la manière dont on prend le copeau dans la pièce, il ne dépend que de *e* et de *l* pour un même métal à travailler.

Ce fait est contraire à une opinion répandue chez les ouvriers, quoiqu'il soit assez naturel. Nous avons vérifié son exactitude sur une machine à raboter.

§ 3. — Manière de supporter le tranchant.

Trajectoire élastique du tranchant. — Un outil quelconque plie nécessairement un peu sous l'action de la force P, son tranchant décrit une certaine trajectoire TN_1 (*fig.* 11). L'outil est assez rigide pour que le tranchant se déplace très-peu ; il ira de T en T'' par exemple ; soit T' le milieu de TT'' sur la trajectoire TN_1.

Supposons l'outil encastré en A, on peut remplacer TT'' par le cercle passant par TT'T''. Ce cercle a son centre en un point O_1 que j'appellerai *centre de flexion de l'outil.* Ce point

est sur l'axe de la barre d'acier qui forme l'outil et quelque part dans l'encastrement. La tangente en T à la trajectoire TN_1 peut faire un certain angle avec la trajectoire décrite par la pièce à travailler. Nous allons voir que cet angle a une grande importance ; on le mesure facilement en prenant comme tangente en T la perpendiculaire au rayon O_1T du cercle TT'T''.

Le tranchant éprouve une résistance croissant à mesure qu'il s'avance sur TN_1. Cette résistance est proportionnelle au déplacement, elle dépend de la longueur et de la grosseur de l'outil.

Tout ce que nous venons de dire suppose que le chariot porte-outil n'a pas fléchi ; en réalité il cède aussi un peu (*fig.* 12), et si nous supposons cette fois l'outil parfaitement rigide, la flexion du chariot aura pour résultat de faire tourner l'outil autour d'un centre de flexion O_2 du chariot. C'est la résultante de ces deux trajectoires que nous appellerons *trajectoire élastique du tranchant* et nous appellerons O le centre de courbure de cette trajectoire résultante : on diminue autant que possible l'influence de la flexion du porte-outil en lui donnant une grande rigidité.

Nous allons étudier maintenant l'influence de la position de la trajectoire élastique du tranchant, par rapport à la direction du mouvement de la pièce qu'on veut travailler.

Prenons un outil se composant d'un tranchant T (*fig.* 13), relié au centre de flexion résultant O, d'une manière invariable, et pouvant décrire un cercle TN en pivotant autour de O.

Nous supposerons que la résistance au déplacement de T sur TN est donnée par un ressort AB et qu'elle est proportionnelle à ce déplacement ; nous avons, de cette façon, remplacé l'ensemble élastique de l'outil et du porte-outil par un système fictif identique et qui parle mieux aux yeux.

Nous supposons les points O et A fixes dans l'espace

et nous donnons à la pièce à travailler un mouvement parallèle à sa face CD dans le sens de la flèche. Dans la position indiquée sur la *fig.* 13, je suppose que le ressort AB n'est pas encore tendu.

Supposons d'abord que la trajectoire TN pénètre dans la pièce à travailler. Cela posé, je fais avancer la pièce : je la suppose placée sur un plateau pouvant avancer dans le sens de la flèche, mais qui est solidement guidé par des glissières pour l'empêcher de sortir de cette trajectoire. Le ressort AB va céder un peu et le tranchant va venir en T' ; mais alors l'effort nécessaire P, pour faire avancer la pièce, augmente, puisque le tranchant est descendu plus profondément, le ressort s'allonge donc encore, P augmente encore.

Construisons une courbe ayant pour abscisses les distances, en millimètres, du tranchant à son point de départ et comptées sur TN ; nous prendrons pour ordonnées les moments par rapport au point O des résistances dues au ressort : nous appellerons M_1 ces moments. Cette courbe est généralement une ligne droite OA (*fig.* 14).

Construisons une autre courbe BC ayant les mêmes abscisses et comme ordonnées les moments M_2 de l'effort P nécessaire pour faire avancer l'outil dans le métal : l'ordonnée OB représente le moment correspondant à la position de T pour laquelle le ressort n'est pas tendu. Le mouvement de T vers N ne s'arrêtera que si $M_1 = M_2$, c'est-à-dire à la distance OE de T comptée sur TN.

Cet équilibre est impossible si M_2 croît plus vite que M_1, comme l'indique la *fig.* 15 : dans ce cas l'outil doit *se casser nécessairement.* Si M_1 croît plus vite (*fig.* 14) que M_2, il y a une position E d'équilibre. Ce cas correspond au cas où la trajectoire TN fait un angle faible avec TM et où le ressort AB est puissant.

Quand la trajectoire du tranchant pénètre dans la pièce, (*fig.* 16), il entre dans P une nouvelle composante p_1 normale à la trajectoire TM de la pièce et dont nous n'avons

pas parlé ci-dessus : elle est due à l'arc-boutement de l'outil dans le métal ; cette réaction cause le plus souvent la rupture de l'outil ; aussi doit-on éviter autant que possible cette disposition. C'est à cause de cela que nous n'en avons pas parlé dans l'étude de l'effort exercé sur le tranchant.

Ainsi, dans ce cas, le travail est le plus souvent impossible. Les ouvriers savent cela par la pratique et ils disent que l'outil *plonge*. Nous appellerons ε *l'angle d'engagement* MTN (*fig.* 13) de la trajectoire de l'outil avec celle de la pièce.

Voilà ce qui se passe quand la trajectoire élastique de l'outil pénètre dans celle de la pièce. Supposons au contraire que les deux trajectoires TN et TM se séparent (*fig.* 17). Supposons encore A et O fixes dans l'espace et faisons marcher la pièce dans le sens de la flèche. Le ressort cède et T marche vers N jusqu'à ce qu'il y ait équilibre entre la tension du ressort et la résistance P offerte par le copeau. Or la tension du ressort augmente proportionnellement à la distance parcourue sur TN, et la force P, qui est proportionnelle à ce chemin parcouru, diminue proportionnellement à cette distance.

Construisons, comme tout à l'heure, les courbes représentant les moments des résistances du ressort, comptées sur le tranchant, et des efforts P exercés par le tranchant. La *fig.* 18 représente ces courbes qui sont encore des lignes droites. Il y aura donc nécessairement une position D d'équilibre qui est celle où l'outil travaille bien. Il faut que l'angle NTM soit assez petit et que le ressort soit assez puissant, car autrement l'outil se soulèverait beaucoup pour le moindre grain de métal un peu plus dur que le reste. Dans ce cas les ouvriers disent que l'outil *broute* : il se soulève et retombe, de sorte que la surface travaillée se compose d'une série d'ondulations dont la direction est perpendiculaire au sens du mouvement de l'outil.

En résumé, soit TM la trajectoire invariable de la pièce et TN la trajectoire élastique de l'outil, obtenues d'une façon absolument quelconque, en tenant compte de la flexion du chariot porte-outil, s'il est trop faible.

1° Si elles s'engagent l'une dans l'autre (*fig.* 19), le travail n'est possible que si ε est extrêmement petit, et si le ressort est très-puissant, c'est-à-dire si (*fig.* 11) le barreau AT est très-gros et très-court.

2° Si ces deux trajectoires se séparent (*fig.* 19), le travail se fait dans de bonnes conditions avec un *angle* δ *de dégagement* variant de 0 à 10 degrés tout au plus. Il n'y a jamais d'inconvénient à faire le ressort trop puissant, de sorte qu'on prendra toujours des barreaux d'acier très-gros, encastrés aussi près que possible du tranchant.

Nous avons vu (*fig.* 12) que la trajectoire élastique du tranchant dépendait de la flexion de l'outil autour de O_1 et de la flexion du chariot autour de O_2. Cette dernière flexion donne presque toujours une composante TN_2 qui pénètre dans la pièce. On peut, en inclinant la trajectoire TN_1, arriver à avoir pour TN une direction convenable. On peut encore diminuer l'influence de la flexion autour de O_2 en employant des porte-outils extrêmement rigides; c'est à cette solution qu'on s'arrête généralement et, *pour les bonnes machines*, nous pourrons négliger l'influence de la flexion du porte-outil.

Résistance normale. — La résistance P éprouvée par l'outil est la résultante de p_1, p_2, p_3; on a vu quelle est sa direction TP. Elle peut se décomposer en deux : l'une, P_t, parallèle à la trajectoire de la pièce, et l'autre, P_n, normale. Cette dernière est d'autant plus grande que l'angle $i + \theta$ est plus petit : il faudra en tenir compte dans la manière de supporter l'outil et la pièce (*fig.* 20).

Position du pivot dans les machines alternatives. — Dans les machines à mouvement alternatif, pour faciliter le mouvement *de retour*, on laisse le porte-outil pivoter librement

(*fig.* 21) autour d'un axe A; il est essentiel que le cercle TB, décrit autour de A, ne s'engage pas dans la pièce. Le sens du mouvement de retour est représenté par la flèche. Ainsi, pour une machine à raboter, par exemple, le tranchant doit être compris entre la verticale passant par le centre de flexion, c'est-à-dire par l'axe de l'outil et la verticale AD passant par le pivot. Il n'y a aucun inconvénient à éloigner beaucoup le pivot de l'outil, et c'est ce que les constructeurs devraient faire plus qu'ils ne le font.

§ 4. — Travail moteur nécessaire pour faire marcher une machine-outil.

Il est indispensable de savoir quelle force motrice il faut donner à une machine-outil pour enlever un copeau de section S. On a vu que P est proportionnel à S; il en est de même de P_t; soit V la vitesse du tranchant par rapport à la pièce. Le travail moteur est égal à $P_t \times V$, multiplié par un certain coefficient K pour tenir compte du travail perdu dans les engrenages; ce coefficient K est facile à calculer, à peu près, dans chaque cas.

Pour les machines alternatives, on calcule le travail comme si elles travaillaient toujours, au moins pour celles qui ont un retour rapide.

Nous verrons plus loin, dans les tableaux, quel travail moteur il faut pour chaque métal et pour chaque section de copeau.

Toutes ces considérations s'appliquent à toutes les machines-outils, sans exception.

§ 5. — Résumé et tableaux graphiques.

Avant de passer à l'étude des diverses machines-outils, je vais résumer tous les résultats des expériences qui ont été faites pour les quatre métaux : fer, fonte, acier, bronze.

Tous les résultats que nous allons donner supposent que les outils sont dans les meilleures conditions possibles, à tous les points de vue : angles convenables, rapport $\frac{e}{l}$ grand et compris entre $\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{10}$ environ, tranchant pas trop arrondi, bonne trempe de l'outil et surtout angle de dégagement convenable. D'ailleurs ces résultats ne dépendent pas du genre de machine-outil employé; cela s'applique aux machines à raboter, aux tours, etc.

Tout a été représenté dans des tableaux graphiques par des courbes ayant toutes pour abscisses des nombres qui représentent la section du copeau enlevé en millimètres carrés. J'ai inscrit sur les ordonnées une échelle verticale qui correspond à des unités que je définirai pour chaque courbe (Pl. II, tableaux 1, 2, 3, 4).

Les courbes AB, dans les quatre tableaux, représentent les diverses vitesses maxima pour des copeaux dont les sections varient de 0 à 20 et 25 millimètres carrés, les courbes OC représentent les rendements correspondants, c'est-à-dire le volume du copeau enlevé par seconde. Les courbes OD représentent la valeur P_t, c'est-à-dire la résistance qu'éprouve l'outil pour s'avancer dans la direction du mouvement.

Les courbes OE représentent le travail utile correspondant ou le produit de l'effort par la vitesse.

Les courbes OF représentent le travail total dépensé par la machine-outil, y compris le travail absorbé par les résistances passives : dans la moyenne des cas, ce travail total indique au constructeur la limite précise du glissement des courroies.

La légende qui suit explique quelle est l'unité qui correspond pour chaque courbe à une division de l'échelle verticale : elle n'est pas toujours la même dans les quatre tableaux.

Légende des tableaux graphiques.

Les abscisses représentent des millimètres carrés de section du copeau dans les quatre tableaux et pour toutes les courbes.

Les ordonnées des courbes AB représentent les vitesses maxima à raison de 10 millimètres par seconde par division verticale, dans les quatre tableaux.

OC rendements à raison de 100 millimètres cubes par division, pour les quatre tableaux.

OD efforts à raison de 1.000 kilog. par division, pour les quatre tableaux.

OE travail utile à raison de { 100 kilogrammètres par division, pour le premier tableau. 10 kilogrammètres par division, pour les trois autres. }

OF mêmes unités que pour OE, pour chaque tableau.

Remarque. — Ces courbes ont été construites d'après des expériences faites dans nos ateliers. Elles servent surtout à montrer la marche des phénomènes : il ne faudrait pas les considérer comme donnant des indications précises, parce que toutes ces valeurs varient avec la qualité du métal travaillé et avec bien d'autres causes encore. Elles représentent ce qui se passe dans la moyenne des cas. Cette précision est bien suffisante pour la pratique, comme on le verra quand je parlerai de l'organisation des ateliers.

On peut remarquer que les vitesses sont un peu plus petites que celles qui ont été trouvées par M. Jaÿ. Cela tient, comme on l'a vu, à ce que nous employons des outils dont le rapport $\frac{e}{l}$ est bien plus grand que dans les siens. Nous avons vu que ce système n'est pas moins avantageux.

Les aciers ont une dureté tellement variable qu'il était difficile d'indiquer des résultats précis. Les nôtres se rapportent à de l'acier dur. Si l'on a de l'acier doux, on peut prendre une moyenne entre les résultats du fer et ceux

de l'acier. Si l'acier est très-dur, il est impossible de poser aucune règle.

Il est évident qu'il faudrait augmenter la quantité de travail moteur due aux résistances passives, si l'on avait des machines de grandes dimensions et d'une puissance faible.

Il est facile de faire ce calcul, dans chaque cas, avec une précision suffisante.

DEUXIÈME PARTIE.

APPLICATION DES PRINCIPES AUX DIVERS GENRES DE MACHINES-OUTILS.

---

§ I. — Considérations générales et données relatives à toutes les machines-outils.

Toutes les machines comportent des outils de deux sortes, suivant le mode de division du travail adopté. (Voir § 2, *Division du travail.*) Le premier outil sert à enlever le gros du métal et il suffit le plus souvent ; le deuxième sert à planer quand on veut avoir une surface parfaitement lisse. Ils portent les noms d'*outil ébaucheur* et de *plane*. Ces deux outils ont d'ailleurs le même angle δ de dégagement et la même résistance élastique. La plane anglaise à ressort est un mauvais outil : son angle de dégagement est beaucoup trop grand (Pl. I, *fig.* 22) et le ressort trop faible ; aussi broute-t-elle très facilement. Elle a, en outre, l'inconvénient de projeter souvent des copeaux au loin dans l'atelier.

Nous avons défini les angles et toutes les formes les plus convenables du tranchant. Les tableaux donnent en outre des résultats qui s'appliquent à toutes les machines-outils ; ce qui varie avec les machines, c'est la forme nécessaire pour obtenir toutes les conditions énoncées. Chaque

machine a son outil ébaucheur et sa plane; nous ne reviendrons pas là-dessus. La seule différence entre ces outils consiste dans la direction de l'arête du tranchant.

§ 2. — Étude des diverses classes de machines-outils.

Les machines se divisent en machines continues, c'est-à-dire les tours, machines à aléser, à percer, et en machines alternatives, c'est-à-dire les machines à raboter, étaux limeurs, machines à mortaiser.

Tours. — Pour l'outil ébaucheur, le tranchant est une ligne droite parallèle à l'axe de la barre et arrondie au bout, de façon à ne pas laisser trop d'aspérités; le copeau est renvoyé de côté. Pour la plane, le tranchant est perpendiculaire à l'axe de l'outil (*fig.* 23).

L'angle de dégagement s'obtient en mettant l'outil un peu au-dessous du centre A. De cette façon on peut employer un outil droit. Il ne faut pas mettre T trop au-dessous du centre, sans quoi l'outil brouterait; on le met un peu plus bas si le porte-chariot est faible. La trajectoire de la pièce est le cercle TM et celle du tranchant est TN : la barre qui forme l'outil doit être puissante et serrée près du tranchant.

La composante P_n, qui tend à faire entrer le tranchant dans la matière (voir § 3, *Résistance normale*), tend à faire tourner l'outil sous les vis de pression. Il faut donc serrer l'outil très-fort et avoir des porte-outils très-solides, sans cela l'outil s'engagerait de côté, surtout avec un angle de tranchant un peu aigu.

Il y a bien des manières d'obtenir toutes ces conditions; un des meilleurs outils est celui qui est dessiné par la *fig.* 24.

Nous avons représenté l'outil ébaucheur et la plane; c'est l'outil dont on se sert à Indret.

Machines à aléser. — Je veux parler ici des machines à outil tournant, comme celles qui servent à aléser les cy-

lindres de machines à vapeur. L'outil ébaucheur est pareil à celui des outils de tours, la plane aussi (*fig.* 24). L'axe de l'outil passe par le centre, de sorte qu'il y a un petit angle d'engagement (*fig.* 25); cependant cela va tout de même, parce que l'outil forme un ressort très-robuste; il vaudrait mieux incliner l'axe de l'outil et l'encastrer, comme l'indique la *fig.* 26 : cela ménagerait au tranchant un angle de dégagement δ convenable, la machine fonctionnerait beaucoup mieux et pourrait faire plus de travail. La composante P_n tire sur l'outil, qui doit être solidement encastré.

Machines à percer. — Autrefois on employait des mèches auxquelles on pouvait donner facilement l'angle i d'incidence (*fig.* 27), mais difficilement l'angle θ de tranchant; de plus, ces mèches étaient peu résistantes et l'on ne pouvait enlever que de petits copeaux, sans cela la mèche se tordait.

A présent on emploie les forets américains qui permettent d'avoir un angle θ de tranchant à volonté, et qui sont bien plus résistants. Il faut avoir soin de réserver un angle i d'incidence d'environ 4°. Ces instruments permettent d'enlever bien plus de métal par seconde. Ils ont un petit angle d'engagement, mais le ressort correspondant est si puissant que cela ne fait rien. Les deux côtés travaillent à la fois, c'est ce qui fait que la force P_n n'entraîne pas le tranchant dans la matière. Cela peut arriver cependant si le métal n'est pas homogène. Ce qui limite P_t dans ces outils, c'est leur résistance à la torsion. On cherche d'abord à enlever le copeau le plus gros possible sans tordre l'outil, puis on va le plus vite possible sans l'échauffer, et en ayant soin de mouiller. Les vitesses qu'on trouve, mesurées au point qui va le plus vite, sont égales à celles que nous avons données dans les tableaux.

Machines à raboter. — La forme du tranchant doit être semblable à celle des outils des tours. Le tranchant doit être, comme nous l'avons vu (1re partie, § 3), compris entre

l'axe de l'outil et la parallèle à l'axe passant par le pivot A, et le porte-outil doit pouvoir se soulever (*fig.* 28) dans le sens de la flèche sans aucune résistance. Il ne faut pas que T soit trop loin en arrière de l'axe, sans quoi δ serait trop grand et l'outil brouterait. L'outil doit être retenu solidement de côté pour résister à la composante P_n qui entraîne le tranchant perpendiculairement au plan de la figure. Il est bon d'agrafer le plateau, qui tendrait à se soulever sous l'influence de P_n.

L'outil de la machine à raboter est difficile à faire à cause de la partie coudée. Rien ne serait plus simple que de le remplacer par un outil droit, à condition d'incliner son axe. L'ouvrier pourrait alors choisir l'angle δ le plus convenable en faisant varier l'épaisseur d'une cale *c* qu'on mettrait pour limiter la rotation du porte-outil autour de A (Pl. II, *fig.* 1). Ce changement dans le porte-outil aurait un certain avantage, car l'acier d'un outil perd beaucoup de ses qualités quand on le soumet à une opération de forge un peu compliquée.

Étaux-limeurs. — Ici la pièce est fixe et l'outil se déplace dans le sens de la flèche (*fig.* 2). On donne au tranchant la même forme que pour les machines à raboter. A cause du mouvement de retour, on permet à l'outil de pivoter dans le sens de la flèche autour d'un axe A, mais ce mouvement est très-limité, au lieu d'être illimité comme dans les machines à raboter (Pl. I, *fig.* 28). C'est à cause de cela qu'on est obligé d'avoir des outils dont le tranchant dépasse l'axe, comme l'indique la *fig.* 2 (Pl. II). De cette façon, on augmente la distance de T à la verticale du pivot. Le tranchant se relève plus vite dans le mouvement de retour et il n'est pas endommagé par les copeaux. Néanmoins, l'outil ne plonge pas, parce que l'angle d'engagement ε de l'outil est très-faible et l'outil très-peu élastique. De plus, le centre de flexion O_2 du porte-outil est placé de telle façon que cette flexion diminue l'angle δ.

On a vu plus haut que ce sont de mauvaises conditions de travail. Il vaudrait beaucoup mieux obliger les constructeurs à augmenter la distance du pivot A à l'axe de l'outil et prendre des outils comme ceux des machines à raboter (*fig.* 3).

Machines à mortaiser. — La pièce est fixe et l'outil se déplace verticalement (*fig.* 4). Dans ces machines l'outil a une tendance à s'engager, car la trajectoire élastique du tranchant pénètre dans la pièce : on est donc placé dans un cas défavorable. Pour diminuer P_n, on est obligé de donner à θ une valeur plus grande que l'angle-type et l'on est forcé d'augmenter, autant que possible, le moment d'inertie de la section *ab* pour résister à P_n. Aussi ces machines enlèvent-elles moins de copeaux par heure que les machines à raboter de même puissance.

Machines à fraiser. — On donne à chaque tranchant de la fraise les angles convenables, et l'on peut aller très-vite, parce que ce sont de petits outils. Ce travail est avantageux pour faire un grand nombre de pièces délicates et identiques.

Scies à fer. — On donne aux dents les angles ordinaires. La difficulté consiste à donner aux dents un petit angle de dégagement. Une scie ordinaire n'en a pas, chaque dent fonctionne comme l'outil d'une machine à mortaiser, ce sont des conditions défavorables ; aussi les dents s'engagent et cassent.

Prenons une scie à disque, tournant dans le sens de la flèche (*fig.* 5), et plaçons la pièce à scier en TB au-dessous du centre A de la scie. De cette façon on aura un angle de dégagement δ, mais il faut mettre la pièce à scier au-dessous du centre A au lieu de la mettre au-dessus, comme on le fait habituellement. Cette scie ne peut s'employer que pour des pièces de très-petites dimensions.

Pour une scie à ruban (*fig.* 6), il est presque impossible de résister à l'entraînement produit par P_n dans la matière,

on est obligé de faire $i + \theta = 90°$, ce qui annule P_n, mais alors le tranchant est dans des conditions complétement défavorables Voilà pourquoi il est si difficile de faire marcher des scies à fer. Les scies à bronze marchent mieux, parce que l'angle-type $i + \theta$ étant beaucoup plus grand, P_n est très-faible.

TROISIÈME PARTIE.

ORGANISATION D'UN ATELIER D'AJUSTAGE.

---

§ 1. — Principes à suivre quand on veut construire des machines-outils.

Le plus souvent on commande à un constructeur des machines d'une puissance quelconque et on laisse mettre aux ouvriers les outils qu'ils veulent dans ces machines. Il faut, au contraire, se rendre compte d'abord de l'effort Q qu'on pourra faire supporter aux pièces à travailler, *les plus résistantes qui puissent se présenter*, et sans crainte de les détériorer. Pour un tour à roues, c'est l'effort qui décollerait le bandage ou fausserait les rayons. On dit au constructeur qu'on veut avoir une machine capable de résister à l'effort Q exercé au tranchant de l'outil. On exige que pour un effort plus grand que cette force Q, les courroies de la machine glissent, pour éviter de casser la machine si par hasard P_t dépassait Q, et l'on fait écrire sur la machine : *Résistance au tranchant* : Q *kilog.* Il faut que non-seulement la machine ne casse pas à Q kilog., mais que les flexions soient très-faibles, surtout celle du porte-outil autour de son centre de flexion.

Cela posé, les tableaux donnent le travail moteur qu'il faudra mettre à la disposition de la machine-outil ; on peut prendre des nombres un peu plus faibles que ceux des ta-

bleaux, car les machines-outils ne marchent pas toutes en même temps à leur maximum de rendement; mais alors on s'expose à avoir quelquefois des ralentissements forcés.

En général, on peut remarquer qu'on pourrait augmenter beaucoup la résistance Q des petites machines en diminuant la vitesse en conséquence.

§ 2. — Marche à suivre pour utiliser le mieux possible une machine-outil.

Si l'on connaît la résistance Q de la machine, on sait d'avance quel copeau cela permettra d'enlever ; il n'y a qu'à consulter les tableaux. Ces tableaux donnent aussi la vitesse maximum *qu'on imposera à l'ouvrier;* après cela on le laisse, dans chaque cas, enlever un copeau aussi gros qu'il peut.

Si l'on ne connaît pas Q, on s'aperçoit que cette limite est atteinte au glissement des courroies.

Supposons aussi que la pièce que l'on veut travailler puisse supporter l'effort Q ; on augmente la prise jusqu'au glissement des courroies, puis on la diminue alors un peu, le moins possible, et l'on fait marcher aussi vite que possible sans brûler l'outil.

Rien n'est si simple que cette manière de régler la marche d'une machine. On voit qu'on peut, si l'on veut, se passer absolument des tableaux en prenant pour valeur limite Q, celle qui fait glisser les courroies.

La vitesse une fois réglée pour le fer, l'acier, la fonte et le bronze, on explique à l'ouvrier la manière de placer les courroies afin d'obtenir cette vitesse pour chacun de ses métaux, et alors l'ouvrier, de lui-même, enlève chaque fois le plus de métal qu'il peut, car c'est son intérêt s'il est payé aux pièces.

Ainsi une machine ne fonctionne à son maximum de rendement que si le copeau enlevé *est le plus gros possible.* Dans

beaucoup d'ateliers on pourrait augmenter le rendement de certaines machines très-puissantes en augmentant le copeau et en diminuant la vitesse en conséquence. On a vu, dans les tableaux des résultats généraux, qu'il y a toujours avantage à faire cette transformation quand on le peut.

Les bons ouvriers arriveront d'eux-mêmes, par la pratique, à se rapprocher des angles-types convenant à chaque métal.

QUATRIÈME PARTIE.

ÉTUDE DES SYSTÈMES PROPOSÉS.

Je vais terminer ce travail par l'examen des divers systèmes qui ont été essayés dans les ateliers de la marine ou autre part pour augmenter le rendement des machines-outils; je dirai quelques mots des essais que nous avons faits de ces divers systèmes.

§ 1. — Augmentation de la vitesse des outils.

Dans quelques ateliers d'Angleterre, on a prétendu qu'on pouvait doubler la vitesse des outils en injectant dans l'angle d'incidence un jet d'eau AB (*fig.* 7) ayant une pression de 3 mètres et un débit de 10 litres par heure. Nous avons essayé ce système sur un tour à roues et nous avons pu constater qu'il est impossible d'augmenter de plus de 10 p. 100 la vitesse des outils. On pourrait tout au plus avoir 10 p. 100 d'avantage. Cette augmentation de vitesse serait chèrement achetée par les inconvénients qu'aurait, pour un atelier, l'eau ainsi projetée de tous côtés à une forte pression.

L'eau atteint fort bien le tranchant; la preuve qu'elle est

utile, c'est qu'elle retombe fortement échauffée. Cela prouve tout simplement qu'en augmentant *un peu* la vitesse, on augmente *beaucoup* la chaleur absorbée par l'outil. Ce système est donc mauvais. Si dans ces ateliers on a doublé les vitesses, cela prouve que les outils allaient beaucoup trop lentement auparavant.

§ 2. — Petits outils rapportés.

Certains constructeurs ont proposé de remplacer nos gros outils en acier par des barres de fer à l'extrémité desquelles on fixe un petit outil. Cet outil est moins cher et, disent-ils, il est plus facile d'avoir du bon acier en barres minces qu'en gros barreaux.

D'abord l'économie qui en résulte est tout à fait insignifiante, ensuite il ne faut pas prendre des barres minces, puisque nous avons vu qu'il faut avoir des outils fléchissant aussi peu que possible. En pratique, les machines qui sont outillées de cette façon n'enlèvent que de très-petits copeaux : c'est s'imposer à plaisir une limite pour P quand, au contraire, il faut l'augmenter autant qu'on le peut. De plus cela entraîne un emmanchement très-difficile et qui a toujours du jeu ou très-peu de solidité.

Le meilleur système consiste à employer toujours des outils gros, mais demandant le moins de forgeage possible. C'est pour cela que je proposais de donner aux chariots des machines à raboter la forme indiquée par la *fig.* 1 (Pl. II); autrement dit il faut obtenir l'angle δ par l'inclinaison de l'axe de l'outil et non par sa forme compliquée. On pourrait faire alors facilement des couteaux ne demandant *pas de forgeage :* ils se feraient à la meule; en les serrant de près avec le porte-outil, on aurait alors des outils excellents et presque inusables.

§ 3. — Machines à plusieurs outils.

Nous avons vu des machines qui travaillent avec plusieurs outils à la fois : il y en a de deux espèces :

1° Celles qui ont deux outils faisant la même chose en deux points différents de la pièce, comme nos tours à roues ou bien les tours qui travaillent des deux côtés (*fig.* 8). Ces machines sont excellentes pour faire un travail *déterminé, toujours le même.*

2° Les machines qui font plusieurs outils travaillant à côté les uns des autres. La *fig.* 9 représente une pièce attaquée par trois outils travaillant à des profondeurs différentes et fixés dans le même porte-outil.

Ce système ne peut être employé que pour des pièces énormes sur lesquelles on a à enlever des quantités considérables de métal pendant longtemps. On a vu que si l'on remplaçait ces trois outils par un seul outil enlevant un copeau trois fois plus fort, on ne changerait pas l'effort total supporté par la pièce, mais on serait obligé de diminuer la vitesse; donc le rendement de ces deux genres de machines à plusieurs outils est un peu plus grand que celui des machines à un seul outil. On pourrait avoir, par exemple, des tours à roues à quatre chariots, mais on ne gagnerait qu'un peu de vitesse, c'est-à-dire presque rien.

Nous avons vu en Angleterre des machines à raboter dont l'outil se retourne au bout de sa course, de sorte qu'il travaille dans les deux sens. Cela donne un avantage de vitesse de $\frac{1}{4}$ à peine sur les machines qui ont un retour rapide, mais la disposition compliquée du porte-outil empêche d'enlever des copeaux aussi gros.

§ 4. — Taille des outils dans les ateliers d'ajustage d'Indret.

M. Joëssel a imposé dans ses ateliers les angles-types qu'il a déterminés. On donne à chaque ouvrier un outil

tout aiguisé. Quand il a besoin de le rafraîchir, il va lui-même à la meule; il se sert de calibres qu'on met à côté de chaque meule pour qu'il puisse vérifier s'il a bien donné à l'outil les angles convenables.

Nous avons essayé dans nos ateliers l'angle de 50° indiqué par M. Joëssel pour le fer. Nos ouvriers emploient généralement un angle de 60°, aussi espérions-nous y trouver un avantage. En effet, nous avons pu gagner $\frac{1}{6}$ sur le rendement du tour à roues dont nous nous sommes servis, mais il est arrivé que la force P_n qui tire sur le tranchant, a suffi pour faire fléchir le chariot autour de son centre de flexion $O_{2,3}$ (*fig.* 10), et l'outil a plongé profondément dans le bandage soumis à l'essai.

Nos machines ne nous permettent donc pas l'emploi des angles types. Si l'on voulait compenser cette flexion en mettant le tranchant T plus au-dessous du centre, l'outil brouterait.

Ainsi, pour le fer, nous avons été arrêtés dans l'emploi des angles-types par la flexion du chariot; pour la fonte et le bronze, on a vu au commencement qu'on ne perd presque rien en s'écartant notablement des angles-types; l'emploi de ces angles, imposé aux ouvriers, ne serait donc pas avantageux.

§ 5. — Taille des outils dans les ateliers d'ajustage de la marine, à Brest.

La réglementation a été poussée plus loin. Les ouvriers ne rafraîchissent pas leurs outils eux-mêmes, cela se fait dans l'atelier d'outillage. M. Jaÿ a voulu imposer aux ouvriers non-seulement les outils, mais encore le serrage, la prise et la vitesse. On commence à renoncer à ce système, qui exige trop d'instruction de la part des ouvriers et qui ne tient pas compte des qualités variables des métaux. Du reste, il serait difficilement applicable dans les ateliers où l'on travaille aux pièces.

On essaye dans ces ateliers les aciers destinés aux outils avant de faire les marchés avec les fournisseurs.

Pour essayer un barreau d'acier de section carrée de 35 millimètres de côté, on en fait un couteau ébaucheur et on lui fait tourner de la fonte grise. Il doit enlever un copeau de 45 millimètres de section avec une vitesse de 15 millimètres par seconde, et il doit durer assez pour enlever 80 kilog. de copeaux sans se détériorer *ni se détremper*, caractère auquel on reconnaît qu'un outil est abîmé.

§ 6. — Perfectionnements à apporter dans les ateliers d'ajustage.

Nous avons vu les avantages qui résultent de l'emploi des angles-types. Si l'on désire néanmoins ôter aux ouvriers la confection et la réparation de leurs outils, on peut adopter plusieurs types d'outils ayant des angles et des trempes différents, et chaque ouvrier choisira celui qui lui convient. Cela vaudrait mieux que d'adopter des angles invariables qu'il serait parfois impossible d'employer. Pour bien faire il faudrait cinq types d'angles, nous prendrions 4° pour l'angle *i*. Les cinq types auraient, pour θ, les valeurs que nous allons indiquer : la trempe s'indique par les couleurs que prend l'outil après le recuit ; on sait que la couleur rouge bleuâtre correspond à la trempe la moins forte, puis vient le jaune bleuâtre, le jaune d'or, le jaune clair, le blanc.

	VALEURS DE θ.	COULEUR DU RECUIT.
Outils pour fer, fonte, aciers.	50°	jaune bleuâtre.
	55°	jaune.
	60°	jaune très-clair.
	70°	blanc.
Outil pour bronze et laiton.	70°	jaune.

On pourrait, pour simplifier l'outillage, diminuer encore le nombre de ces types d'angles.

Les ouvriers arriveraient bien vite à connaître l'angle qui est, dans chaque cas, le plus avantageux, en tenant compte des imperfections de leur machine et de la qualité du métal à travailler. Ce serait déjà beaucoup que de leur enlever l'usage des meules, qui demande une grande habitude. Ce système n'aurait pas les inconvénients de celui qui consiste à imposer des angles-types; ces angles, avec certaines machines, rendent le travail impossible, tout en convenant parfaitement à des machines-outils plus solides.

On devra se rappeler qu'une machine ne donne son maximum de rendement qu'autant que l'effort P_t atteint son maximum. Si le contre-maître s'aperçoit qu'on peut l'augmenter sans crainte pour la machine ni pour la pièce, il doit le faire, en diminuant la vitesse en conséquence, comme l'indiquent nos tableaux, ou bien par tâtonnements. De cette façon, on est sûr d'augmenter le rendement, comme nous l'avons vu.

C'est le seul moyen d'augmenter le rendement d'un atelier; on ne peut trouver que des avantages à la grande solidité d'une machine. Il serait facile d'imposer aux constructeurs une résistance Q appliquée au tranchant, et qui produise une flexion mesurée au tranchant, inférieure à une limite déterminée. Cet effort Q correspondrait au glissement des courroies et se mesurerait au dynamomètre. On essayerait aussi la machine avec un effort 2Q pour plus de sécurité.

Cela posé, la machine-outil est facile à construire : ce n'est plus qu'une question de cinématique et de résistance des matériaux.

TABLE DES MATIÈRES.

TROISIÈME PARTIE.

ORGANISATION D'UN ATELIER D'AJUSTAGE.

QUATRIÈME PARTIE.

ÉTUDE DES SYSTÈMES PROPOSÉS.

MÉMOIRE

SUR

LES MINES ET USINES D'ALMADEN

Par M. H. KUSS, ingénieur des mines.

Le présent mémoire sera divisé en quatre parties :

1re PARTIE. — Géologie des mines d'Almaden.
2e PARTIE. — Exploitation des mines.
3e PARTIE. — Métallurgie du mercure à Almaden.
4e PARTIE. — Administration et historique.

PREMIÈRE PARTIE.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DES GITES D'ALMADEN.

I. — Introduction.

L'exploitation des mines d'Almaden remonte certainement à une haute antiquité; mais les premières notions un peu précises sur leur constitution géologique datent du milieu de notre siècle, et sont dues, pour une grande partie, à une des illustrations du corps des ingénieurs des mines espagnols, Casiano de Prado. Le premier, en 1830, il dressa un plan pétrographique de la mine principale; il remarqua les lignes de stratification, et commença à distinguer les différentes roches. Devenu, vers 1841, directeur des établissements d'Almaden, il se consacra à cette lourde tâche avec un dévouement infatigable, dont se sou-

viennent encore aujourd'hui quelques vieux chefs mineurs, et ne l'abandonna que lorsque sa santé, minée par les vapeurs mercurielles contre lesquelles son zèle ne lui permettait aucune précaution, l'obligea à renoncer à un poste si dangereux.

Après avoir occupé cette place pendant deux ans « sans pouvoir presque penser à la géologie », comme il le dit lui-même, et chargé désormais de fonctions moins absorbantes, il put, en 1846, publier sur les mines d'Almaden un premier travail, dans lequel il décrivit les gisements, les rapportant, sans plus de distinctions, aux terrains de transition.

Beudant disait, vers 1830, que le mercure se trouvait à Almaden dans le trias. Un peu plus tard, M. Leplay avait reconnu dans la Sierra Morena deux terrains de transition, mais sans arriver à établir des lignes de démarcation précises (*).

Ce fut M. de Verneuil qui, le premier, en 1850, s'occupa sérieusement de l'étude paléontologique de la Sierra Morena. Après avoir recueilli un certain nombre de fossiles, il ne tarda pas à reconnaître qu'il y en avait de deux époques : il put faire la part de ceux qui appartiennent au terrain silurien, et de ceux qui caractérisent le terrain dévonien, tâche facile, dit M. de Verneuil, puisque, malgré les dislocations du sol, les fossiles siluriens et dévoniens ne sont jamais réunis dans les mêmes couches.

Il restait à connaître l'ordre de superposition des couches et la disposition des deux terrains, l'un par rapport à l'autre, à voir s'ils y existaient seuls, à étudier les roches plutoniques, à trouver l'époque de l'apparition du cinabre et à chercher le plus grand nombre possible de fossiles. C'est à cette tâche que se consacra M. de Prado.

(*) Voir *Annales des mines*, 3e série, t. V, p, 175 et suiv., et 3e série, t. VI, p. 297 et suiv., notamment p. 340.

Les recherches qu'il fit de 1852 à 1855 et dont le résultat est exposé dans le *Bulletin de la Société géologique : Sur la géologie d'Almaden, d'une partie de la Sierra Morena, et des montagnes de Tolède* (tome XII, 1855), achevèrent de prouver que le système silurien supérieur n'était représenté dans le centre de l'Espagne que par exception, et seulement par les schistes à *Cardiola interrupta*, tandis que dans la plupart des cas les couches dévoniennes reposaient immédiatement sur celles du système silurien inférieur, contemporaines des grès et schistes de Llandeilo.

Si le grand espace qu'occupent les terrains anciens en Espagne donne beaucoup d'intérêt aux fossiles que M. Casiano de Prado y a découverts, on peut dire que les difficultés que présentent les études stratigraphiques dans cette région ajoutent encore à cet intérêt. En effet les plissements, les failles et les dislocations que l'écorce du globe y a éprouvés font qu'il est souvent très-difficile, sinon impossible, de se rendre compte de l'ordre de superposition originaire des couches. Certaines bandes dévoniennes paraissent être intercalées dans le terrain silurien inférieur; mais comme les fossiles qu'elles renferment sont les mêmes que dans les couches dévoniennes régulièrement superposées au terrain silurien, comme jamais il n'y a de mélange des fossiles des deux époques, le paléontologiste se prononce sans hésitation, là où le stratigraphiste reste incertain. En présence des convulsions auxquelles l'Espagne a été soumise, on peut affirmer que la paléontologie y fournit aux géologues un instrument plus nécessaire que dans aucune autre partie de l'Europe.

Cette complication extrême des terrains anciens en Espagne permet de comprendre que leur étude ne soit pas plus avancée qu'elle ne l'est aujourd'hui. Les moyens de communication sont si insuffisants, les conditions matérielles de la vie sont si difficiles dans la Sierra Morena, que les reconnaissances géologiques y sont forcément limitées.

Les ingénieurs qui se sont succédé à Almaden n'étaient pas tous géologues, et d'ailleurs ils étaient trop absorbés par leurs fonctions spéciales pour pouvoir s'occuper beaucoup de recherches scientifiques. D'autre part, les ressources ont longtemps fait défaut ; les crédits alloués à la Commission de la carte géologique étaient des plus restreints, et ce n'est que depuis quelques années que cette Commission est en état de fournir des travaux réguliers.

L'état actuel des connaissances sur la géologie d'Almaden est donc à peu près le même qu'il y a vingt ans (*) ; le développement des travaux a sans doute fait connaître quelques faits nouveaux, mais bien des questions restent dans le doute, et y resteront sans doute encore longtemps.

Nous n'avons pas, dans le présent travail, la prétention d'élucider tous les points obscurs ; notre but est simplement d'exposer l'état des connaissances acquises sur les gisements d'Almaden. Nous avons essayé de les étendre un peu par une étude attentive des roches qui accompagnent les filons, et d'arriver ainsi à déterminer approximativement l'époque de la venue du mercure.

II. — Situation et constitution géologique.

La ville d'Almaden est située aux confins de la Manche et de l'Andalousie, dans la province actuelle de Ciudad

---

(*) M. I. de Monasterio, inspecteur général des mines, a publié, en 1871, une notice sur les mines d'Almaden, dans la *Revue universelle des mines*. Cette notice, qui a été résumée par M. Henry, ingénieur des mines, au bulletin des *Annales des mines* (7ᵉ série, t. I, p. 443), devait être complétée par une étude sur les procédés métallurgiques, mais elle est restée inachevée par suite, sans doute, de la mort de l'auteur ; elle se borne d'ailleurs, pour la géologie, à reproduire en abrégé la note précédemment citée de M. C. de Prado.

Real, au milieu d'un territoire sauvage et peu habité sur le versant Nord de la Sierra Morena.

Lorsqu'on se rend de Ciudad Real à Almaden, par le chemin de fer de Badajoz, on traverse de longs espaces de 15 ou 20 kilomètres parfois, au milieu de montagnes, ou, si l'on veut, de collines couvertes d'une maigre végétation, sans rencontrer aucune habitation. On descend à Almadenejos, où se trouvaient autrefois des mines de mercure, et qu'une route passable relie à Almaden, située à 12 kilomètres à l'Ouest. On ne peut manquer d'être frappé de la nudité et de la stérilité du pays.

Des vallons séparés par des monticules de 100 ou 200 mètres de hauteur, un ruisseau très-sinueux, à cours très-lent, pouvant grossir aux grandes pluies, mais à sec pendant l'été, tels sont les traits principaux de la topographie.

Le caractère le plus notable du pays, celui qui lui imprime une certaine originalité est la présence d'un grand nombre de dykes de quartzite, qui ont plus résisté que les autres roches à l'action corrosive du temps, et qui sont formés de couches presque verticales ; on dirait, à les voir de loin, des murs énormes, très-élevés, capricieusement découpés.

La ville d'Almaden se trouve dans une vallée fermée à l'Est par une élévation insensible du terrain, bornée au Nord par les montagnes quartziteuses de Chillon et de Peñarrubia, au Sud par celles de la Virgen et de Castilseras. Au milieu de la vallée se dresse un coteau allongé, assez escarpé, sur lequel est construite la ville ; deux ruisseaux, l'un au Nord, l'autre au Sud de ce coteau, se réunissent à l'Ouest, puis courent vers le Sud pour s'échapper par la dépression existant entre la chaîne de la Virgen et celle de Castilseras. (Voir la carte, Pl. IV, *fig.* 1.) A cinq kilomètres au Nord de la Sierra de Peñarrubia, on voit se dessiner une autre chaîne d'une plus grande longueur,

mais constituée comme les précédentes ; au delà, c'est toujours le même spectacle qui se reproduit. Une coupe passant par Almaden et dirigée du Nord au Sud donnerait à peu près le profil représenté Pl. IV, *fig.* 2.

Quant aux ruisseaux que la carte semble indiquer assez abondants, il ne faut pas oublier qu'ils annoncent plutôt de légères ondulations du terrain et des lignes d'écoulement possible pour les eaux, en cas de grandes pluies, que des ruisseaux ordinaires. C'est tout au plus si l'on trouve, en été, dans la rivière de Gargantiel, de quoi abreuver les mulets et les ânes que l'on emploie aux transports. Aussi le sol est-il peu productif; on cultive du blé dans les vallons, où la roche est recouverte d'une mince couche de terre végétale; ailleurs, ce ne sont que des broussailles sur le schiste ; le quartzite est absolument nu.

Constitution géologique. — Nous reproduisons, à une échelle réduite (Pl. IV, *fig.* 1), une carte manuscrite tirée des archives de la mine, sur laquelle nous avons reporté les indications de la carte géologique des environs d'Almaden, publiée en 1855 par M. C. de Prado. Cette carte montre que la formation prédominante, aux environs d'Almaden comme dans le reste de Sierra Morena, est la formation silurienne. Elle s'appuie au Sud de Sta-Eufemia, sur un massif granitique assez considérable, celui de los Pedroches, et n'est qu'interrompue de temps en temps par quelques couches dévoniennes qui y sont enclavées. Enfin, diverses roches éruptives, principalement des mélaphyres et des porphyres, apparaissent en quelques points, affleurant au milieu des autres terrains, qu'elles ne semblent nullement avoir dérangés.

1. *Système silurien.* — La roche qui domine dans le terrain silurien des environs d'Almaden est un schiste souvent noir, généralement gris ou brunâtre, presque toujours tacheté par de l'oxyde de fer hydraté. Il prend quelquefois des couleurs rougeâtres ou légèrement bleues. On en voit

aussi qui contiennent de petites paillettes de mica blanc argentin. Il perd assez fréquemment sa structure caractéristique et devient terreux. Ses feuillets ne sont jamais droits, ni très-continus; souvent ils sont fissurés en tous sens, et alors il est assez difficile d'en prendre la direction.

C'est dans les schistes que l'on trouve la plupart des fossiles siluriens. Le plus abondant est le Calymene Tristani qui ne manque presque jamais lorsque les schistes sont fossilifères. Viennent ensuite l'Orthis testudinaria, presque aussi abondante, mais toujours en empreintes, un petit Orthoceratite, le Bellerophon bilobatus, le Calymene Arago, des Illœnus, des Dalmanites, des Asaphus. On traverse quelquefois de grandes étendues sans voir un seul fossile; mais, dans quelques points, la roche s'en trouve pétrie, quoiqu'en moules et fragments souvent indéterminables.

Après le schiste, c'est le quartzite qui est la roche prédominante dans le terrain silurien. Il est presque toujours blanc, quoique assez souvent tacheté de rouge par de l'oxyde de fer, surtout le long des plans de stratification, ou des fissures tranversales. Il est très-dur, à grain fin, traversé en beaucoup de points par des veinules de quartz. Quelquefois il passe à un poudingue formé de cailloux réunis par un ciment siliceux si compacte, qu'il est impossible d'en séparer aucun de la masse de la roche.

Le quartzite qui se trouve au contact du schiste noir prend quelquefois la même couleur, et il est bien difficile d'expliquer comment on rencontre au milieu des mêmes couches des quartzites blancs et d'autres noirs. L'un et l'autre ont souvent une grande puissance, formant des crêtes assez élevées, très-découpées, tout autour d'Almaden (*).

(*) C. de Prado. Sur la géologie d'Almaden, etc. (*Bulletin de la Société géologique*, t. XII, 1855).

Un fait remarquable est que la direction si nettement caractérisée des chaînes de quartzite du Nord et du Sud d'Almaden, n'est nullement la direction des couches. Les saillies de quartzite courent en effet N. 80 — 90° Est, tandis que nous avons relevé pour les bancs de la Sierra de Chillon les directions

N.	70° Est,
N.	80° Est,
N.	115° Est,
N.	110° Est,
N.	115° Est,

cette dernière direction N. 110 à 115° Est dominant sur deux kilomètres. Au sommet de la chaîne à l'extrémité occidentale de laquelle est la chapelle de la Virgen del Castillo, nous avons obtenu les directions N. 145 — 155 — 155 — 150 — 149° Est.

Les grands bancs presque verticaux, et souvent parfaitement plans sur 5 ou 6 mètres, que l'on rencontre partout aux sommets de ces chaînes, permettent d'ailleurs de faire des mesures exactes, peu sujettes aux erreurs. Partout, ou presque partout, les couches font avec l'axe de la chaîne un angle variant de 10° jusqu'à 40° vers le Sud. Ce fait nous semble indiquer au moins deux soulèvements successifs, antérieurs au dépôt du trias qui, plus loin, vers Alcaras, à l'extrémité Est de la Sierra Morena, repose horizontalement sur les couches redressées du terrain silurien. Les chiffres indiqués précédemment montrent combien la direction des strates varie en des points très-rapprochés les uns des autres : il est bien difficile, dans ces conditions, d'attribuer à tel ou tel mouvement particulier la disposition actuelle des couches. Tout ce qu'on peut constater, c'est qu'elles ont été puissamment bouleversées et plissées à une époque où elles étaient loin d'avoir acquis leur consistance actuelle.

Dans ces bancs puissants de quartzite dur qui donnent au pays son relief caractéristique, on n'a trouvé que des Fucoïdes, des Bilobites et autres végétaux rares dont M. de Prado a réuni jadis une collection intéressante aujourd'hui déposée à Madrid.

Ce n'est que dans les quartzites situés au milieu du schiste que l'on voit des fossiles animaux; mais alors on peut dire que c'est une autre roche, un grès assez tendre et souvent micacé, teint en jaune par du peroxyde de fer hydraté, comme on peut le voir à Almaden même, tout près de l'entrée de la galerie d'écoulement la plus profonde de la mine, et mieux encore sur le versant méridional de la Sierra de Castilseras. Ces quartzites tendres ont même un facies si différent des quartzites durs qu'au premier abord on les prendrait pour des grès dévoniens. La *fig.* 3, Pl. IV, où ces quartzites ont été désignés sous le nom de grès siluriens, montre leur interposition au milieu des schistes.

M. de Prado signale dans ces grès des fossiles comme Calymene Tristani, Placoparia Tournemini, Bellerophon bilobatus, etc.; ils sont donc incontestablement de l'époque silurienne, quoiqu'ils doivent sans doute être distingués des grès à bilobites.

Enfin, une roche toute particulière au terrain silurien d'Almaden est celle à laquelle les mineurs ont depuis longtemps donné le nom de *piedra frailesca*, parce qu'elle a le plus souvent la couleur grisâtre de l'habit des cordeliers (*frailes franciscos*), dont il y avait jadis un couvent à la porte du bourg. On n'a, pendant longtemps, pas su exactement à quelle époque rapporter cette roche dans laquelle M. Dumont et M. de Prado ont trouvé des bilobites. Les couches de frailesca semblent ne jamais se prolonger à de grandes distances; elles paraissent former comme une série de lentilles intercalées dans les schistes. Ce sont des brèches très-métamorphisées, essentiellement constituées par des grains de quartz, du carbonate de chaux,

de la dolomie, des fragments de schiste, de la serpentine; le tout cimenté par une pâte feldspathique amorphe.

A Almaden, presque au contact des roches cinabrifères, on trouve la frailesca à ciment de calcaire dolomitique, avec des fragments de schiste noir foncé très-minces et non roulés qui quelquefois ont deux ou trois décimètres de longueur. La roche, malgré la prédominance du calcaire, a une structure schisteuse en grand. Sa puissance est de plus de 50 mètres. On n'en connaît pas les limites dans le sens de la longueur, mais celle-ci ne peut guère dépasser 300 ou 400 mètres. On trouve dans la masse beaucoup de druses tapissées de petits cristaux rhomboédriques de dolomie (*).

La frailesca se présente d'ailleurs avec des aspects assez variés : les collections du service de la carte géologique à Madrid en montrent de nombreux échantillons, parmi lesquels je signalerai les suivants :

Brèche frailesca schisteuse.	mines d'Almaden.
Frailesca tapissée d'une couche de calcaire spathique recouvert à son tour de pyrite de fer cristallisée.	Almaden.
Frailesca bleu noir.	Almadenejos.
Frailesca très-dolomitique avec grains de quartz et mouches de pyrite.	Almaden.
Frailesca très-quartzifère.	Almaden.
Frailesca argileuse avec nodules ocreux. . . .	Val d'Arrubiel.
Frailesca avec veines de calcaire.	Valdeazogues.
Frailesca rougeâtre avec veines dolomitiques.	Almaden.

(*) Nous avons analysé cette roche au laboratoire de l'École des mines et trouvé comme composition brute :

Acide carbonique.	4,39
Eau.	12,27
Silice.	44,66
Alumine.	17,20
Oxyde de fer (Fe^2O^3).	7,80
Chaux.	6,50
Magnésie.	3,20
Soude.	1,86
Potasse.	1,15
	99,03

A la mine d'Almaden, on voit parfois, au milieu du schiste noir, des couches isolées de calcaire magnésien blanc, d'aspect saccharoïde ; ce ne sont que des lentilles que recoupe une galerie et que ne rencontre plus une autre galerie à 30 ou 40 mètres de la première. Ce même calcaire forme aussi des veinules et de petits filons au milieu de la masse de la roche, et il n'est pas rare d'y trouver quelques petits cristaux de cinabre.

Les fossiles sont extrêmement peu abondants dans la frailesca : toutefois on y a incontestablement rencontré des bilobites, soit dans la masse même de la roche, soit dans les fragments de schiste noir qu'elle renferme ; il est donc hors de doute, qu'au moins à Almaden, la frailesca appartient à l'étage silurien.

Résumons maintenant ce que nous venons de dire de cette formation, en achevant d'en exposer les caractères paléontologiques, d'après MM. de Prado et de Verneuil (*).

La faune primordiale a été reconnue par MM. de Prado et Barrande à l'extrémité orientale de la Sierra Morena, mais cette faune a disparu près d'Almaden, où prédomine la faune seconde. La présence dans les schistes, dans les grès, dans certains calcaires, de fossiles tels que la Calymene Tristani, Dalmanites socialis, des Asaphus et autres déjà cités, ne peut laisser aucun doute à ce sujet.

La question controversée est celle de l'âge à assigner aux grès et schistes à bilobites. « Les échantillons d'Espagne », écrivait en 1855 M. de Verneuil, « ont la plus grande analogie avec ceux des États-Unis, mais ces derniers appartiennent au grès de Médina et au groupe de Clinton que j'ai proposé de placer à la base du terrain silurien supérieur, tandis qu'en Espagne c'est vers le haut de l'étage silurien inférieur que nous les rencontrons. Hâtons-nous

(*) Mémoire déjà cité (*Bulletin de la Société géologique*, t. XII, 1855).

d'ajouter toutefois que les limites de ces deux étages sont assez difficiles à préciser, surtout en Espagne, et qu'il n'est pas impossible que les plantes marines de l'époque silurienne y occupent la même position qu'en Amérique. »

L'étage supérieur du terrain silurien existe en effet dans la Sierra Morena, mais réduit aux schistes ampéliteux qui sont caractérisés par des Graptolites et la Cardiola interrupta. M. de Verneuil l'a signalé à 30 kilom. au Nord-Est de Cordoue. Le point qui reste à bien élucider est celui de savoir quelle est l'extension des couches correspondant à la faune troisième. Divers ingénieurs, parmi lesquels je dois citer don Fernando Bernaldez et don Ramon Rua Figueroa, se sont occupés de cette question (*).

Les schistes noirs entre Gargantiel et la mine ancienne de las Cuevas contiennent en abondance des Graptolites, par exemple Grapt. spiralis Barr. et Grapt. palmeus Barr. Or on a trouvé dans les mêmes schistes un exemplaire assez bien conservé de Cardiola interrupta, une térébratule très-abondante, mais toujours aplatie, ressemblant beaucoup à la terebratula cuneata, un orthocératites, aussi très-aplati, espèces qui ne semblent jamais se rencontrer avec les fossiles bien caractérisés de la faune seconde.

Ces géologues sont donc conduits actuellement à considérer comme correspondant aux terrains siluriens supérieurs tous ceux qui contiennent des graptolites, même sans autres fossiles, comme les schistes noirs d'Almaden, et d'autres plus à l'Ouest, où l'on a fait autrefois des recherches de cinabre, ceux de l'Arroyo del Lapiz, entre Cuevas et Gargantiel, ceux qui se trouvent à une demi-lieue au Nord de l'Alamillo, et à une demi-lieue au Sud-Ouest de Guadalmès, puis plus loin, dans le Rio Javalon, près du Corral de Caracuel; on retrouve en effet dans ces

(*) *Memoria sobre las minas de Almaden y Almadenejos*, par don F. Bernaldez et don Ramon Rua Figueroa. Madrid, 1861.

derniers les graptolites, les térébratules et les orthocératites de l'Arroyo del Lapiz avec une Cardiola fibrosa.

Sans être aussi affirmatif que pour les schistes à graptolites, on incline à considérer aussi les quartzites avec bilobites comme appartenant au silurien supérieur. Aux mines mêmes d'Almaden, on trouve intercalés dans ces quartzites des schistes noirs ampéliteux, contenant des graptolites. Si l'on n'y a pas trouvé jusqu'ici les bilobites, il convient de remarquer du moins qu'on les connaît dans le même schiste un peu plus à l'ouest, aux carrières du cerco de Buitrones, et que les fragments de ce schiste que renferme la frailesca ont aussi fourni quelques bilobites.

Ainsi donc, tout en reconnaissant que la ligne de démarcation entre la faune seconde et la faune troisième est des plus difficiles à tracer, on tendrait aujourd'hui à attribuer à cette dernière les quartzites à bilobites, les schistes noirs ampéliteux à graptolites et la frailesca.

Si l'on admet qu'il en soit ainsi, les couches d'Almaden se succéderaient à peu près par ordre d'âge, du sud au nord, quoique avec plusieurs répétitions du même étage, comme l'indique la coupe donnée Pl. IV, *fig.* 3, où la lettre F_2 marque les couches rapportées à la faune seconde, et F_3, celles rapportées à la faune troisième.

On voit que l'ordre primitif des couches est bien difficile à rétablir, que l'on considère les quarzites comme appartenant au terrain silurien inférieur, dont ils formeraient l'assise supérieure, ou au silurien supérieur, à la base duquel ils se trouveraient alors.

2. *Système dévonien.* — Dans le terrain dévonien, les schistes sont loin de se présenter avec la même abondance que dans le terrain silurien; ils sont subordonnés aux grès et ne prennent jamais un grand développement. Leur couleur est le gris jaunâtre, verdâtre ou rougeâtre. Ils sont gris noir à Guadalpéral, quoique d'une nuance assez dis-

tincte de ceux du terrain silurien. Ils sont assez tendres, même terreux, et toujours sans fossiles.

Ce sont les grès qui abondent le plus; ils n'ont jamais une grande dureté. Leur couleur varie du blanc au jaune et au gris, sans jamais passer au noir. On en trouve aussi de rouges, colorés par du peroxyde de fer, mais ce minerai y est bien moins abondant que sur les deux versants de la chaîne cantabrique, dans les provinces d'Oviédo et de Léon, où il est largement exploité. En général, dans la Sierra Morena, les roches dévoniennes sont bien plus ferrugineuses que les roches siluriennes.

C'est dans les grès que se trouvent la plupart des fossiles caractéristiques de ce terrain; les plus abondants, dont la roche est parfois pétrie, sont les suivants : Terebratula undata, T. Mariana, T. reticularis, T. Orbignyana, T. concentrica, Spirifer subspeciosus, Sp. Bouchardi, Sp. Verneuili, Leptæna Murchisoni, Productus subaculeatus, Phacops latifrons, Dalmanites laciniata, etc.

Les calcaires de ce terrain sont d'une couleur presque toujours grisâtre; ils sont moins fossilifères que les grès.

Il est bien difficile, là où manquent les fossiles, de reconnaître si l'on a affaire à des roches siluriennes ou dévoniennes. On ne voit jamais au juste où les unes finissent, où commencent les autres. On peut dire que les grandes masses formées de schistes sont siluriennes, que les roches très-ferrugineuses sont dévoniennes, que celles-ci n'atteignent jamais une grande hauteur, tandis que les quartzites siluriennes, plus dures, ont mieux résisté à la dénudation. Ce sont elles qui couronnent, en formant de grandes murailles crénelées, ces innombrables collines ou *cerros*, parsemées dans une grande étendue du pays, et qui lui communiquent une physionomie orographique si particulière.

Lorsqu'on marche pendant plusieurs lieues sur la tranche de couches fortement redressées, on est porté à admettre

qu'elles sont repliées sur elles-mêmes et doivent se répéter, que la dénudation en a fait disparaître la partie supérieure. Mais lorsqu'on cherche celles qui pouvaient se correspondre avant le plissement, on ne peut pas être sûr de leur identité, parce que leur puissance varie souvent notablement, de même que les caractères de la roche. D'autre part, on a atteint aux mines d'Almaden la profondeur de 285 mètres au-dessous du bourg, sans apercevoir la moindre tendance des couches, toujours verticales, à se replier d'un côté ou de l'autre.

Le redressement des terrains qui nous occupent a été accompagné d'accidents divers. Ici on voit que les couches ont été comprimées latéralement, dans le sens de la direction, ce qui a produit des plissements singuliers. Là, ce sont des bandes interrompues, comme si elles eussent été étirées fortement, et en même temps rejetées quelquefois en avant ou en arrière. Au milieu des quartzites, on voit des tronçons de schiste, et au milieu du schiste on rencontre parfois des blocs de quartzite ou de calcaire. Les *feuillets* du schiste enveloppent ces blocs, ce qui indique que la roche n'a pris la structure qui la caractérise que postérieurement à la production de ces accidents (*).

Les éléments d'une étude sur les soulèvements qui ont successivement ridé la surface de l'Espagne, font encore défaut. Il faudrait avant tout une bonne carte géographique, détaillée, et l'on n'en a pas. Il faudrait ensuite que la carte géologique en fût achevée, à une échelle moins réduite que celle de la carte de MM. de Verneuil et Collomb et d'après une carte géographique moins inexacte. C'est cette tâche, la confection d'une carte géologique générale, qu'a entreprise la commission de la carte géologique. Ce n'est que lorsque ce premier travail sera achevé que

(*) C. de Prado, sur la Géologie d'Almaden, etc. (*Bulletin de la Société géologique*, t. XII, 1855).

l'on pourra arriver à reconstituer avec quelque certitude l'histoire du sol de la péninsule aux diverses époques.

3. *Roches éruptives.* — On voit apparaître au milieu du terrain silurien et surtout du terrain dévonien des environs d'Almaden des roches éruptives d'âges très-divers.

Le granite qui couvre de grands espaces dans la partie méridionale de la Sierra Morena, et constitue à 15 ou 20 kilomètres au Sud d'Almaden le massif important de *los Pedroches*, apparaît en petits îlots au Nord-Ouest de Chillon, mais il manque dans le territoire même des mines, et ne semble pas en relation avec les gisements de mercure.

Il en est autrement d'une série de roches, à caractères extérieurs très-variés, appartenant à la famille des mélaphyres, qui se voient fréquemment dans les environs d'Almaden, surtout du côté de Chillon et du Puerto del Ciervo, à Almadenejos, à Guadalpéral; nous croyons devoir décrire avec quelques détails les roches de cette nature que l'on rencontre à Chillon (*).

a) *Mélaphyre rouge violet*, provenant de blocs qui affleurent au bord du ruisseau de Chillon. La roche est d'une couleur brune, avec des bandes plus foncées, tirant sur le violet. On y distingue quelques amygdales blanches. Au microscope, on reconnaît qu'elle possède une texture fluidale, nettement accentuée dans quelques plages. Elle est amygdaloïde et contient beaucoup de grains ferrugineux. La pâte est amorphe, on y voit un nombre considérable de très-petits microlites, appartenant à l'un des feldspaths supérieurs, et des grains noirs, probablement de fer titané, plus ou moins transformé en limonite. Les vacuoles dont la pâte est criblée sont remplies de quartz très-abondant, ou de calcite. Ces deux matières ne sont

(*) MM. Fouqué et Michel Levy ont bien voulu examiner ces roches au microscope.

pas distribuées uniformément : certaines plages ne renferment guère que du quartz, la calcite domine dans d'autres. Avec un fort grossissement, on voit que les grains de quartz présentent ordinairement une forme hexagonale arrondie, et qu'ils sont constitués, au centre par du quartz proprement dit, puis par une zone de substance verte amorphe, et, sur les bords, par de la calcédoine. Ces grains de quartz contiennent un grand nombre d'inclusions à bulle mobile (*).

Nous n'avons pu entreprendre de séparer les éléments de cette roche, d'ailleurs sensiblement altérée ; nous nous sommes donc contenté de l'analyser en bloc et nous y avons trouvé :

Acide carbonique	4,06
Eau	0,74
Silice	55,00
Alumine	13,20
Oxyde de fer	11,46
Chaux	8,00
Magnésie	1,00
Soude	4,86
Potasse	0,80
	99,12

b) *Mélaphyre vert noirâtre.* — Même gisement que le précédent. La roche est traversée de filons de serpentine ; elle est moins dure que la variété rouge. Au microscope, on reconnaît qu'elle est constituée par une matière amorphe, à fluidalité peu accentuée, jalonnée par des granules ferrugineux ; cette pâte contient quelques microlites feldspathiques. On y voit de nombreuses amygdales, remplies fréquemment par de la calcite, d'autres fois par du quartz, ou par de petits cristaux blancs bleuâtres, éteignant suivant la lon-

(*) D'après les indications de M. M. Lévy, ce mélaphyre serait identique à certaines variétés de la Petite-Fosse, près Remiremont (Vosges), appartenant au permien supérieur.

gueur, analogues à ceux de certaines serpentines ou matières talqueuses. La roche contient aussi de la calcite à l'état de flocons jaunes, très-probablement colorés par un peu d'acide titanique. Nous avons trouvé pour cette roche la composition suivante :

Acide carbonique	3,42
Eau	5,58
Silice	45,00
Alumine	16,67
Oxyde de fer	10,33
Chaux	8,46
Magnésie	6,45
Soude	3,28
Potasse	0,53
	99,72

Cette roche paraît, tant par suite de son gisement que d'après l'ensemble de ses caractères, la même que la précédente à un degré d'altération plus avancé.

c) *Mélaphyre gris*, provenant de fouilles anciennes faites près de Chillon, fouilles dans lesquelles on a trouvé un peu de mercure natif au contact de cette roche. (Voir *infrà*, page 77.) On ne distingue à la loupe, au milieu d'une pâte d'un gris uniforme, que quelques granulations rougeâtres. Le microscope décèle encore, quoique à un moindre degré, les caractères des variétés *a* et *b*; la roche se montre composée en majeure partie d'une pâte amorphe, avec quelques indices de fluidalité; elle contient des amygdales formées surtout de calcite, parfois de quartz. On y voit encore de nombreux grains ferrugineux, transformés en limonite. L'analyse nous a donné :

Acide carbonique	2,05
Eau	13,28
Silice	43,33
Alumine	18,10
Oxyde de fer	8,53
A reporter	85,29

Report.	85,29
Chaux.	10,33
Magnésie.	3,33
Soude.	0,70
Potasse.	traces.
	99,65

d) Enfin une dernière roche, qui nous paraît appartenir à la même catégorie, quoique à un degré de décomposition très-avancé, se trouve à Almaden même, au contact du cinabre. La roche est blanche et friable; nous lui avons trouvé la composition suivante :

Acide carbonique.	4,05
Eau.	7,35
Silice.	57,50
Alumine.	22,83
Oxyde de fer.	4,67
Chaux.	2,00
Magnésie.	1,00
Soude..	0,70
Potasse.	traces.
	100,10

Nous devons ajouter que cette série de roches, de moins en moins altérées à mesure que l'on s'éloigne des gisements d'Almaden en montant vers Chillon, passe, au delà de cette dernière localité, vers l'Ouest, à de véritables jaspes rouges ou bruns.

D'après l'ensemble de ces caractères, on est nécessairement amené à rapprocher les roches mélaphyriques de Chillon des roches de même nature qui, dans le Palatinat par exemple et dans les Vosges, ont fait éruption à l'époque permienne, et traversé les couches du terrain houiller (*). La présence, sur le territoire d'Almaden, de la diabase, qui,

(*) Voir : Sur le porphyre amygdaloïde d'Oberstein, par M. Delesse (*Annales des mines*, 4e série, t. XVI, p. 561 et suiv.)

on le sait, accompagne souvent le mélaphyre, vient encore à l'appui de cette manière de voir.

La *diabase* se montre en blocs près de la route d'Almaden à Chillon, et en masses considérables à quelques kilomètres au Nord d'Almaden, et à Guadalpéral. A la loupe, on n'y distingue que des lamelles de feldspath; la roche est d'ailleurs verte, et d'une très-grande dureté. Au microscope, on y reconnaît, d'abord, de longs cristaux d'un feldspath triclinique, à bandes multiples, à couleurs peu vives : l'ensemble des caractères optiques montre que ce feldspath est du labrador. Il est traversé d'un grand nombre de fissures, remplies d'une matière granuleuse amorphe qui pénètre toute la roche. A côté de ces cristaux se voient deux produits d'altération : une matière blanche chloriteuse, et une matière jaune formée d'un mélange de chlorite et de carbonate de chaux; enfin, des points noirs assez nombreux, probablement de fer titané plus ou moins décomposé. Quelques-unes des plages remplies par de la chlorite permettent encore de reconnaître la forme cristalline du pyroxène; quant à la matière jaune, elle semble avoir été primitivement constituée par de l'olivine, quoiqu'il soit difficile de se prononcer.

L'analyse nous a donné :

Acide carbonique.	3,92
Eau.	3,08
Silice.	43,68
Alumine.	18,66
Oxyde de fer.	10,20
Chaux.	13,79
Magnésie.	3,68
Soude.	2,13
Potasse.	0,30
	99,44

Malgré l'altération de la roche et l'impossibilité de séparer le feldspath, ces chiffres, grâce à la prédominance de cette

dernière espèce, se rapprochent assez de la composition du labrador, et viennent confirmer les résultats de l'analyse microscopique.

Un mélaphyre très-analogue à la variété *c* précédemment décrite, contenant en outre fréquemment des amygdales ou de petits cristaux de chlorite ferrugineuse vert foncé, et que l'on a parfois confondu à tort avec la brèche précédemment décrite sous le nom de *frailesca*, renferme entre Almaden et Almadenejos des veinules et de petites mouches de cinabre. Ces traces furent même l'objet de recherches au temps des Romains, comme le prouvent les monnaies de Vespasien que l'on a trouvées dans quelques galeries : la disposition de celles-ci montre que le minerai est très-irrégulièrement disséminé dans cette roche. La même espèce se retrouve à Guadalpéral, où elle passe nettement à des mélaphyres semblables à la variété *c* de Chillon. Nous reviendrons plus loin sur ces analogies en parlant de l'âge de la venue du mercure à Almaden.

On pourrait s'attendre à trouver les schistes plus ou moins métamorphisés au contact de ces roches éruptives ; il semble n'en être rien ; on n'aperçoit aucun dérangement dans la stratification à leur voisinage, elles-mêmes font à peine saillie sur le sol, dont elles ne troublent en rien l'aspect : il y a tout lieu de croire qu'elles ont apparu au jour sans aucune secousse violente.

Signalons enfin, pour mémoire, une série de roches appartenant, d'après M. de Prado, à la famille des porphyres trachytiques, qui se rencontrent au Montejicar, au sud du village de Gargantiel, mais ne paraissent pas en relation avec les filons mercuriels. La masse de ces roches est une pâte feldspathique, contenant du mica bronzé et de petits cristaux de feldspath rouge, et perforée d'un grand nombre de cavités dont les parois sont tapissées de petits cristaux de quartz.

III. — Gîtes de mercure.

Les minerais de mercure qui ont rendu Almaden si célèbre se trouvent à peu près dans un triangle dont les sommets seraient Almaden, la mine ancienne de las Cuevas, près de Gargantiel, et Almadenejos ou Valdeazogues.

On a bien rencontré quelques indices de cinabre en dehors de ces limites, à l'Ouest et au Nord-Ouest d'Almaden; il paraît même, d'après les dires des gens du pays, que ces mouches de cinabre peuvent se suivre dans certains bancs de quartzite sur des étendues très-considérables; mais ce n'est que dans l'espace indiqué que le mercure a donné lieu à des recherches ou à des exploitations sérieuses. La mine de las Cuevas est d'ailleurs abandonnée depuis longtemps; celles d'Almadenejos se sont appauvries au point qu'on a dû aussi, vers 1860, renoncer à en continuer l'exploitation, de sorte que tout le mercure que produit Almaden provient de la seule mine située au-dessous de la ville.

Le cinabre se trouve presque toujours dans les roches sédimentaires; nous avons dit déjà qu'on ne le connaissait qu'en un petit nombre de points au contact du mélaphyre. Les gisements principaux sont dans le terrain silurien; mais on en rencontre aussi dans le dévonien. A Guadalpéral, dans le cerro del Hinojo, des couches qui contiennent le cinabre renferment aussi un grand nombre de fossiles de l'époque dévonienne. A Valdeazogues, le cinabre forme des taches rouges dans un calcaire du même âge. Au Nord de Chillon, au milieu de la bande dévonienne qui va de Chillon au Puerto del Ciervo, nous avons rencontré des bancs de quartzite faiblement imprégnés par places de mercure sulfuré. On n'a jamais trouvé, il est vrai, des fossiles dans la masse même du minerai, comme à Idria, mais on a rencontré des bilobites et des graptolites dans les roches encaissantes. Le gîte de Guadalpéral se trouve dans une frailesca sans fos-

siles, un peu altérée, et entourée de roches dévoniennes très-fossilifères. Toutefois il faut reconnaître que c'est dans le terrain silurien d'Almaden seulement que le mercure se trouve assez abondamment pour être fructueusement exploité.

I. — Description de la mine d'Almaden.

La mine d'Almaden comprend trois gisements principaux, à peu près parallèles entre eux, sensiblement dirigés de l'Est vers l'Ouest. Le plus méridional porte le nom de San Pedro y San Diego; les deux autres, très-voisins l'un de l'autre, s'appellent, l'un San Francisco, l'autre San Nicolas.

La coupe (Pl. III, *fig.* 1), à peu près perpendiculaire à la direction du gîte, permet de se faire une première idée de son allure.

Le cinabre imprègne certaines couches de quartzite ou de grès, presque verticales, encaissées au milieu des couches de schiste; parfois cependant le grès cinabrique a pour épontes d'autres grès non imprégnés. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que le cinabre passe alors parfois brusquement d'un banc à l'autre, suivant la direction de cette nouvelle strate, quelles qu'en soient les inflexions. Lorsque au contraire le cinabre sort de la couche de quartzite pour passer au mur ou au toit dans le schiste, il n'y prend jamais qu'un développement extrêmement restreint.

La stérilité du schiste est telle qu'on a trouvé des morceaux de cette roche emprisonnés au milieu du cinabre, et ne contenant néanmoins aucune trace de mercure. Ce fait n'est d'ailleurs pas particulier au gisement d'Almaden; le schiste, qui semble presque partout exister au voisinage immédiat des gîtes de mercure, est généralement très-pauvre; il paraît avoir résisté à l'imprégnation, qui s'est par suite d'autant mieux concentrée sur les couches plus perméables aux vapeurs mercurielles.

Ainsi donc, le cinabre imprègne à Almaden certaines couches essentiellement siliceuses qu'il suit sur des espaces beaucoup plus longs que larges; toutefois la longueur des gisements, 150 à 180 mètres seulement, comparée à la puissance moyenne, 9 à 10 mètres, avertit déjà que si, en raison de leur origine, ces gisements doivent recevoir le nom de *filons*, ils sont bien loin de présenter les caractères ordinaires des gisements filoniens : il n'y a jamais eu ici, au moins dans la partie connue, de grandes fentes se prolongeant sur une longueur considérable, remplies en tout ou en partie, postérieurement à leur formation. On ne voit ni salbandes, ni disposition symétrique sur deux parois, ni vides centraux, ni gangues cristallines, ni ramifications, croisements, failles ou autres accidents ordinaires dans la plupart des mines métalliques.

Nous avons déjà décrit précédemment les roches de la colline d'Almaden, dans laquelle se trouvent les filons cinabriques, et n'avons que peu de chose à ajouter sur leur manière d'être au voisinage même du minerai. En marchant du Sud au Nord, à un niveau quelconque, on rencontre d'abord la frailesca, plus métamorphisée dans la mine que partout ailleurs; elle y est formée en grande partie de calcaire magnésien; elle est très-consistante, sans être cependant d'une grande dureté, et présente en un grand nombre de points des druses tapissées de cristaux de dolomie. Le schiste que l'on rencontre ensuite a une texture assez grossière, parfois presque terreuse; les parties les plus consistantes présentent deux systèmes de fractures, les unes longitudinales, les autres transversales, mais très-obliques. Au contact du minerai, le schiste est très-noir, lustré, magnésien et charbonneux au point de parfois tacher les doigts.

Vient ensuite le gisement de San Pedro y San Diego. Il est formé d'un grès blanc, régulièrement imprégné de cinabre. Les minerais se distinguent par leur belle couleur

rouge vermillon, surtout ceux de la partie Ouest (San Pedro). Vers l'Est, le minerai s'appauvrit à mesure qu'on descend, et disparaît presque à la profondeur de 290 mètres. La partie riche du filon forme donc dans le filon même une colonne plongeant vers l'Ouest. En continuant, à partir de San Pedro vers le Nord, on traverse d'abord quelques mètres de schistes noirs semblables à ceux de l'éponte Sud, puis des quartzites avec lits alternants de schiste. Ces quartzites ont aussi été métamorphisés, comme le montrent leur extrême dureté, les veinules de quartz qui les traversent, les géodes de cristal de roche qu'on y rencontre.

Les deux filons suivants, San Francisco et San Nicolas, ne sont séparés l'un de l'autre que par une bande assez mince de quartzite avec schistes, semblable à celle qui sépare San Francisco de San Pedro et San Diego. Mais le grès qui constitue le gisement même est noir, tandis que celui de San Pedro est blanc; il est aussi plus dur, plus compact, moins régulièrement et moins puissamment imprégné de cinabre. Aussi les minerais de ces deux gisements sont-ils toujours moins beaux, plus foncés que ceux de San Pedro.

Le schiste forme de nouveau l'éponte nord de San Nicolas et se prolonge au loin vers le nord, sans renfermer aucune matière utile.

Passons maintenant à l'étude des gîtes en profondeur : les étages exploités ou tracés sont actuellement au nombre de 10. Leurs profondeurs au-dessous de la bouche du puits San Teodoro sont les suivantes :

1er étage.	44m,80
2e étage.	74 ,30
3e étage.	103 ,38
4e étage.	140 ,79
5e étage.	170 ,47
6e étage.	191 ,67
7e étage.	215 ,03

8e étage.	237m,64
9e étage.	263 ,55
10e étage.	288 ,63

Les travaux anciens des étages supérieurs sont remblayés ou en ruines et absolument impraticables. Voici seulement les quelques renseignements que l'on peut extraire, sur l'allure du gîte dans ses parties supérieures, de l'examen des anciens plans (*).

Au 1er étage, niveau de 44m,80, on trouva des minerais vers l'extrémité Est, correspondant au jour à la mine del Castillo, c'est-à-dire à un puits ouvert au haut et au milieu du bourg d'Almaden. Ces minerais furent exploités par un travers-bancs dit le *socavon del Castillo.*

Les travaux du 2e étage sont peu développés, et indiquent une faible richesse. Malgré leur grande irrégularité, on peut y reconnaître le filon San Francisco, exploité sous le nom de San Juan, et San Nicolas, sous le nom de Caña de San Rafaël.

Au 3e étage, 103m,38, les gisements exploités sont déjà au nombre de trois : d'abord San Francisco et San Nicolas, puis plus au Sud une partie appelée San Julian, qui semble être le prolongement en hauteur du gisement désigné plus bas sous le nom de San Diego. On distingue encore d'autres travaux, appelés la Concepcion, placés peut-être sur un petit rameau spécial du filon San Diego.

Au 4e étage, 140m,79, le filon San Diego se trouve parfaitement caractérisé. Il s'exploitait vers la partie Est sous les noms de San Carlos et de San Pablo ; sa direction dans cette partie est Est-Ouest ou plus exactement Nord 100° Est. Vers son extrémité Ouest, on observe une interruption dans les travaux, puis on le voit reparaître fortement infléchi vers le Midi. Une agglomération de minerai se reliant en profon-

(*) Pour une description détaillée, voir l'ouvrage déjà cité de MM. Bernaldez et Rua Figueroa.

deur avec San Pedro (partie occidentale de San Pedro y San Diego) et connue sous le nom de Santa Clara, arrive jusqu'au 4e étage, où elle finit. Au Nord, on retrouve toujours encore San Francisco et San Nicolas, exploités surtout dans leur partie Est. Leur extrémité Ouest présente aussi l'inflexion vers le Midi déjà constatée pour San Diego.

A partir du 5e étage, les travaux sont en bon état d'entretien, et partout accessibles; nous donnons (Pl. III, *fig.* 2 à 7) les plans de ces différents niveaux; ils sont disposés les uns au-dessous des autres de manière qu'un examen, même sommaire, permet de se faire une idée de l'allure du gîte aux diverses profondeurs. Les galeries de direction, les maçonneries et les vides occupent, d'ailleurs, la place primitivement remplie par du minerai, aujourd'hui abattu. En renvoyant le lecteur à ces plans, nous pourrons nous borner à une description sommaire, en commençant toujours par le filon le plus méridional.

5e *étage*. — Profondeur : 170^m,47 (Pl. III, *fig.* 2).

Le filon San Diego a, dans sa partie Est, une direction uniforme Nord 110° Est, sur une longueur de 50 mètres environ. Sa puissance moyenne est de 4^m,40, le mur et le toit sont formés de grands bancs verticaux de quartzite blanc complétement stérile.

Son extrémité occidentale est encaissée dans le schiste; elle s'infléchit rapidement vers le Sud; les bancs de schiste et de grès ont subi la même déviation. Cette partie du filon Sud aurait dû recevoir le nom de San Pedro; ce n'est, en effet, que le prolongement en hauteur du filon qui plus bas porte ce dernier nom; mais en raison de sa puissance considérable, et de l'importance qu'ont eue pendant quelque temps les chantiers qui y étaient installés, on lui a donné le nom spécial de Santa Clara. La longueur de ce gisement n'est que de 25 mètres; sa puissance, de 7^m,80 environ. Les couches de schiste entourent celles de grès à Santa Clara, et semblent s'être moulées sur elles, quoique

la stratification du schiste ne concorde pas avec celle des grès.

Séparé de San Diego par un intervalle stérile, d'environ 25 à 30 mètres à l'Est, 18 à 20 mètres à l'Ouest, moitié de schiste, moitié de quartzite, le filon San Francisco s'étend avec une grande régularité dans la direction Nord 110° Est, parallèle à celle de San Diego sur 100 mètres de longueur, avec une puissance moyenne de 3ᵐ,90. Vers le point où il est recoupé par le travers-bancs du puits San Teodoro, il s'incline vers le Sud, puis disparaît tout à coup ; le minerai est rejeté de 6 mètres vers le Nord sans que les couches de quartzité participent à ce rejet. Cette partie du filon, à laquelle on a donné le nom de San Francisco Ouest, forme un arc dont la concavité, comme celle des couches encaissantes et de San Diego, est tournée vers le Sud-Est.

Le filon le plus septentrional, celui de San Nicolas, n'existe qu'à l'Ouest de la mine ; il est séparé de San Francisco par 6 mètres de schiste, et s'étend sur 30 mètres de longueur, avec une puissance moyenne de 2ᵐ,90.

Quelques travers-bancs de recherches, commencés à cet étage, ont été promptement abandonnés après 10, 20 ou 30 mètres percés dans le schiste, sans résultat. On ne voit, d'ailleurs, pas affleurer au jour d'autres bancs de quartzite, au voisinage immédiat de ceux qui sont imprégnés de cinabre : les recherches entreprises l'ont été plutôt pour montrer l'absence de ces bancs que dans l'espoir de découvrir de nouveaux gisements.

6ᵉ *étage*. — Profondeur : 191 mètres (Pl. III, *fig.* 3).

Du 5ᵉ au 6ᵉ étage, les couches plongent vers le Nord, faisant avec la verticale un angle de 20° environ.

Comme à l'étage précédent, le filon de San Diego a dans sa partie orientale une grande régularité. Il suit, sur 80 mètres de longueur, la direction Nord 110° Est, avec une puissance moyenne de 5 mètres ; ses épontes sont formées de

quartzite à l'Est, puis de schiste dans la moitié occidentale. Il s'infléchit ensuite, sous le nom de Santa Clara, dans la direction Nord-Sud, qu'il conserve sur 25 mètres, et prend en même temps la puissance considérable de 13 mètres. Les deux épontes de Santa Clara sont formées de schistes; mais au Sud ce gisement devient brusquement stérile, et le quartzite qui le constitue vient buter contre la frailesca.

Le filon de San Francisco est séparé du précédent par 10 mètres environ de roches stériles, en partie schisteuses, mais surtout formées de quartzite. Ces bancs s'infléchissent à l'Ouest comme le fait Santa Clara, puis viennent se perdre dans les schistes. Ceux-ci appuyés sur la frailesca, qui les limite eux-mêmes à l'Ouest, avancent vers le Nord et coupent les grès cinabriques de San Francisco et de San Nicolas, aussi bien que ceux qui séparent les deux filons Nord du filon Sud.

Le filon San Francisco est à cet étage d'une grande régularité : il s'étend sur 110 mètres, avec une puissance de 5 mètres environ, et ne s'infléchit plus que faiblement vers le Sud, à son extrémité occidentale. Il n'est plus séparé de San Nicolas que par 3 à 6 mètres de quartzites et de schistes. Ce dernier filon gagne lui-même beaucoup en régularité et en extension; il atteint ici une longueur de 65 mètres, avec une puissance de $3^{m},25$. Il est borné au Nord par le schiste.

On remarque à cet étage, à l'extrémité Est du filon San Francisco, une petite masse d'une roche de la famille des mélaphyres, très-altérée; nous avons déjà signalé la relation de ce porphyre (variété *d*, page 57) avec la venue du cinabre.

7ᵉ *étage*. — Profondeur : 215 mètres (Pl. III, *fig.* 4).

A partir du 6ᵉ étage les gisements, devenus presque verticaux, prennent une régularité de plus en plus grande, nettement accusée déjà par le plan du 7ᵉ étage.

Appuyé au Sud sur la frailesca, le schiste forme les deux épontes du filon San Diego, qui commence ici à porter le

nom de San Pedro y San Diego, le premier désignant spécialement la partie occidentale, le second la partie orientale du gîte. La longueur du filon atteint ici 150 mètres; la puissance moyenne est de 6 à 7 mètres. A l'Est, San Diego se trouve brusquement coupé par les couches de schistes qui se retournent de manière à devenir presque normales à celles du grès. Le fait est d'autant plus remarquable, que c'est le seul point de la mine où le gîte soit coupé brusquement à l'Est; à tous les autres étages il s'appauvrit graduellement jusqu'à passer à un grès presque stérile. A l'Ouest, au contraire, le filon San Pedro diminue graduellement et finit par disparaître entièrement entre les schistes, mais sans cesser d'être en stratification concordante avec eux.

Les roches qui séparent San Pedro y San Diego de San Francisco sont, d'abord, une bande assez étroite de schistes, puis une série de couches alternantes de quartzite et de schiste où dominent les quartzites. La puissance de la zone stérile est de 20 mètres environ.

La longueur de San Francisco est de 155 mètres environ; celle de San Nicolas, de 125 mètres; les deux filons ne sont séparés que par 3 mètres environ de quartzite et de schiste. Ils se stérilisent graduellement à leur extrémité Est, et sont au contraire brusquement coupés par les schistes à l'Ouest.

C'est entre le 6e et le 7e étage que commence la forte inflexion du filon San Pedro y San Diego vers le Sud. San Pedro s'élève d'abord verticalement sur 10 mètres, puis il s'élargit brusquement, s'incline sur la verticale et forme l'agglomération désignée sous le nom de Santa Clara. Il est évident qu'une forte pression latérale agissant du Nord vers le Sud s'est fait ressentir aux étages supérieurs qu'elle a déformés, à une époque peut-être postérieure à la venue du cinabre, que l'on est naturellement amené à supposer s'être faite par une fissure à peu près rectiligne.

8e *étage*. — Profondeur : 237^m,64 (Pl. III, *fig.* 5).

Du 7ᵉ au 8ᵉ étage les trois filons offrent un très-léger plongement vers le Sud. Le filon San Pedro y San Diego prend une importance de plus en plus grande; il s'étend sur 170 mètres de longueur, avec une puissance moyenne de 8 mètres. A son extrémité occidentale il s'infléchit légèrement vers le Nord, de telle sorte que son orientement serait à peu près Nord 125° Est, puis il est brusquement coupé par les schistes.

San Francisco et San Nicolas sont dans leur partie orientale très-sensiblement parallèles à San Diego, mais la partie occidentale de ces deux filons tourne un peu de manière à passer graduellement de la direction Nord 110° Est à la direction Nord 90° Est. Il résulte de cette disposition des deux groupes de filons que leur écartement à l'Est est à peu près le même qu'aux étages supérieurs et qu'il diminue vers l'Ouest, où il se réduit à une quinzaine de mètres.

La longueur de San Francisco est 180 mètres, la puissance moyenne, de 4ᵐ,40; les mêmes éléments pour San Nicolas sont représentés par 185 mètres et 5ᵐ,50; les deux filons cheminent maintenant parallèlement à une faible distance l'un de l'autre; ils semblent même se réunir à leur extrémité Ouest, où, dans tous les cas, l'intervalle qui les séparait a été trop faible pour que la roche pût y être conservée.

9ᵉ *étage.* — Profondeur : 263ᵐ,55 (Pl. III, *fig.* 6).

Les tendances déjà signalées à propos du 8ᵉ étage s'accentuent de plus en plus. San Pedro y San Diego a une longueur de 170 mètres, une puissance de 6ᵐ,50. Son mur (l'éponte Sud) est formé par du grès stérile à l'Est, par du schiste à l'Ouest. Le toit est tout entier un schiste très-argileux.

San Francisco et San Nicolas, séparés de San Pedro y San Diego par des couches alternantes de quartzite et de schiste, forment dans leur ensemble un grand arc concave vers le Sud. Le quartzite forme le toit et le mur de San Francisco. Le mur de San Nicolas est formé par du grès,

son toit par du schiste. L'étendue de San Francisco est de 145 mètres, sa puissauce de 2m,60 à 3 mètres. San Nicolas, qui semble absorber San Francisco vers l'Ouest, se prolonge sur 180 mètres de longueur.

Ces deux filons viennent buter à l'Est contre la roche qui avait déjà apparu, mais avec un moindre développement, à l'extrémité Est du 6e étage. Cette roche mélaphyrique est formée d'une pâte d'un blanc grisâtre, au milieu de laquelle on voit un assez grand nombre de grains de quartz. Elle est souvent dans un état de décomposition très-avancé qui permet à peine de la reconnaître ; elle ressemble alors à un kaolin grossier.

On y a pratiqué une galerie de recherche, mais on n'y a trouvé aucune trace de cinabre, et l'on a abandonné l'ouvrage avant d'avoir traversé la masse dont, par suite, on ignore l'étendue.

10e *étage*. — Profondeur : 290 mètres (Pl. III, *fig*. 7).

Comme le montre le dessin, le 10e étage en est encore à la période de préparation. Une galerie partant du puits San Teodoro a recoupé le filon San Pedro y San Diego, que l'on a reconnu sur une longueur de 130 mètres environ. On l'a trouvé toujours très-régulier et très-riche. Le traversbancs n'a pas encore atteint les deux autres filons, qui ont cependant été reconnus par plusieurs puits issus du 9e étage.

Résumons brièvement cette monographie un peu aride.

On voit que les filons, assez peu réguliers jusqu'au 6e étage, prennent une simplicité de plus en plus grande à mesure qu'on descend davantage. Les deux filons San Francisco et San Nicolas, d'abord nettement séparés, se sont graduellement rapprochés jusqu'à se confondre presque au 9e étage. Le filon du Sud, San Pedro y San Diego, semble se rapprocher aussi des deux autres réunis, et l'on a lieu de craindre que, dans un avenir il est vrai encore éloigné, ces trois branches ne viennent à se réunir en une seule, dont l'exploitation serait singulièrement difficile.

Autre observation. La longueur du travers-bancs qui, partant du puits San Aquilino, à l'extrémité occidentale du gîte, le rejoint à travers la frailesca, va en diminuant d'étage en étage. Elle est en effet :

Au 5ᵉ étage de.	100 mètres.
6ᵉ étage de.	80
7ᵉ étage de.	60
8ᵉ étage de.	25
9ᵉ étage de.	0

Si, d'autre part, nous menons par le puits San Miguel, à l'est du gisement, un plan perpendiculaire aux filons, nous voyons ceux-ci déborder sur ce plan vers l'Est de longueurs constamment décroissantes : 35 mètres au 5ᵉ étage, 10 mètres au 6ᵉ, 10 mètres au 7ᵉ, 5 mètres au 8ᵉ, zéro au 9ᵉ étage.

Les trois filons d'Almaden présentent donc la forme de trois colonnes de minerai, à peu près parallèles entre elles, sensiblement situées chacune dans un plan vertical, inclinées dans ces plans d'environ 10° sur la verticale, et s'élargissant depuis le haut jusqu'au bas d'une manière à peu près continue. La puissance va de même en croissant à mesure que l'on s'approfondit davantage.

Il nous reste enfin, pour arriver à nous faire une idée exacte de l'avenir des mines, à examiner la distribution, dans le gîte, des parties riches.

L'usage a conduit les mineurs d'Almaden à diviser le minerai en minerai riche, minerai moyen, minerai pauvre. Sans que ces distinctions aient rien d'absolu et soient fondées sur autre chose que sur l'aspect du minerai, on peut dire qu'on appelle pauvre le minerai qui tient de 1 à 7 ou 8 p. 100 de mercure, moyen celui dont la teneur est comprise entre 8 et 18 ou 20, riche enfin celui dont la teneur dépasse 20 p. 100, pour aller parfois jusqu'à 80, 85 p. 100 de mercure.

Le plan du 5ᵉ étage, où l'exploitation est terminée depuis assez longtemps, n'apprend pas grand'chose sous le rapport de la richesse (*) ; celui du 6ᵉ étage montre que l'on y a trouvé surtout du minerai pauvre, avec quelques massifs de minerai moyen aux deux extrémités de San Francisco et San Nicolas. Au 7ᵉ étage apparaît le minerai riche, qui devient prédominant au 8ᵉ dans tout le filon San Pedro y San Diego ; à cet étage, à San Francisco et San Nicolas, l'ensemble du minerai riche et du minerai moyen a, à peu près, la même importance que le minerai pauvre. Le 9ᵉ étage fournit presque exclusivement du minerai riche à San Pedro y San Diego, ainsi que dans la plus grande partie du filon San Nicolas. San Francisco donne surtout du minerai moyen. Enfin la partie connue de San Pedro y San Diego, au 10ᵉ étage, est plus riche encore que tout ce que l'on avait trouvé jusque-là. Le minerai formé, comme je l'ai dit, par un grès blanc imprégné présente une magnifique couleur rouge vermillon d'une parfaite uniformité.

En même temps que la richesse augmente en profondeur, elle croît à chaque étage de l'Est vers l'Ouest ; généralement coupés brusquement à l'Ouest, les gisements s'appauvrissent en effet vers l'Est et finissent en passant insensiblement à un quartzite stérile.

On voit donc que sous le rapport de la richesse, aussi bien que sous celui de la puissance et de l'étendue, les gisements d'Almaden gagnent de plus en plus à mesure que l'on s'éloigne de la surface.

II. — Constitution minéralogique du remplissage.

Il nous reste, pour compléter cette description, à donner quelques renseignements sur la constitution minéralogique

(*) Nous avons dû renoncer à reproduire la division indiquée dans les plans de la Pl. III ; l'échelle n'aurait pas permis de faire cette reproduction avec netteté.

du remplissage et à examiner de quelle manière et à quelle époque ce remplissage a pu s'effectuer.

Le cinabre présente dans chaque roche un aspect différent; il imprègne à peu près régulièrement les couches de grès blanc et de grès noir, et forme de simples mouches assez rares dans la frailesca, le calcaire et le schiste. Il prend exceptionnellement des caractères physiques particuliers. Lorsque le schiste est au contact du grès noir, on rencontre parfois dans ses cavités, ou en veinules entre ses feuillets, de petites quantités de cinabre qui donnent à la cassure transversale de la roche l'aspect d'un jeu de cartes dont les tranches seraient alternativement noires et rouges. D'autres fois le schiste est entièrement remplacé par du cinabre en cristaux informes, et plus souvent en masses d'apparence sédimentaire, conservant la schistosité de la roche primitive. Cette variété, à laquelle on a donné le nom de *cinabre schisteux*, est rare à Almaden, mais elle semble avoir été plus commune dans d'anciennes mines aujourd'hui abandonnées, celle des Fucares à l'Ouest, celle de Concepcion Nueva à l'Est d'Almaden. L'apparence de cette roche, que l'on regardait autrefois comme sédimentaire, en admettant que le dépôt du cinabre avait été contemporain de celui du schiste, montre combien on peut se tromper en jugeant de l'origine de certains minerais d'après leur seule apparence et sur l'examen de quelques échantillons.

On a donné le nom de *cinabre stalactitiforme* à certaines agglomérations de poussières de cinabre, entraînées par les eaux, et déposées ensuite par elles. Ces dépôts, d'origine toute mécanique et récente, ne constituent pas, à proprement parler, une variété spéciale de minerai.

Le *cinabre pur*, *cristallisé* ou en masse, ne se rencontre qu'assez rarement. On a retiré sans doute des mines d'Almaden un assez grand nombre de cristaux de cinabre, qui figurent dans les collections minéralogiques du monde en-

tier; mais il suffira de dire que l'on recueille, comme curiosité, tout ce qui présente des cristaux, même peu nets, pour faire comprendre que ces cristaux ne se montrent que rarement; ils sont le plus souvent accompagnés de cristaux très-petits de quartz et de sulfate de baryte; on a signalé aussi dans quelques échantillons de la pyrite de fer : cette dernière substance ne se trouve, dans tous les cas, que très-rarement, si elle existe à Almaden au milieu du cinabre.

Le *cinabre pur amorphe* est plus fréquent : on désigne d'ailleurs comme cinabre pur, tout ce qui contient de 75 à 85 p. 100 de mercure. On le rencontre disséminé d'une manière irrégulière au milieu des grès cinabriques qui forment la masse du gisement, surtout dans le filon de San Pedro.

Le *mercure natif* n'est pas très-abondant à Almaden; on ne le trouve guère isolé, sans cinabre, que dans un quartzite très-schisteux, d'une couleur gris foncé, d'une apparence très-compacte, parfois dans le schiste stérile ou dans des grès décomposés. Il va sans dire qu'on voit souvent, sur les parois des galeries, suinter des gouttes de mercure, mais celles-ci proviennent évidemment d'une décomposition toute récente du cinabre exposé à l'air.

Le *mercure corné* n'a pas été rencontré à Almaden même; on ne l'a trouvé que dans une mine de Valdeazogues, dans un grès blanc décomposé où il s'est présenté, soit en pellicules et en croûtes déliées, soit en cristaux prismatiques à base carrée avec des globules de mercure métallique.

Les anciennes mines de Guadalpéral et de Valdeazogues ont fourni aussi quelques échantillons, déposés aujourd'hui aux collections de la carte géologique, à Madrid, dans lesquels le cinabre est associé à du carbonate de cuivre (Guadalpéral, la Concepcion) et à de la pyrite de cuivre avec malachite (Guadalpéral). On peut voir, à 2 kilomètres au Nord d'Almaden, une couche de quartzite

dévonien, contenant des mouches de cinabre et des efflorescences cuivreuses, sur lesquelles on a ouvert, il y a quelques années, des recherches pour cuivre, d'ailleurs abandonnées.

Mais tous ces corps, que nous signalons comme accompagnant parfois le cinabre près d'Almaden, ne forment dans l'ensemble qu'une quantité presque négligeable. Tandis que dans les filons ordinaires on trouve généralement une association de divers métaux, le mercure, comme le constatait, il y a longtemps déjà, Ant. de Jussieu, dans un mémoire lu à l'Académie des sciences (*), se présente seul, et semble fuir le voisinage de tous les autres métaux. La seule affinité qu'on lui connaisse, dans la nature, est sa prédilection pour les matières charbonneuses ou bitumineuses, à Almaden comme dans presque tous ses gisements. On sait qu'on le trouve à Idria, au milieu de couches bitumineuses (brandschiefer, leberschiefer, silberschiefer) du trias. A New-Almaden, il est associé à de véritable houille. Dans les Asturies, on exploite une mine de cinabre, où celui-ci imprègne des couches de grès et de schiste houillers; on y trouve même une couche où le cinabre est associé à de la houille.

La présence de matières charbonneuses est moins nette à Almaden, mais elle est cependant incontestable. Les schistes sont souvent, au contact du gîte, noirs, luisants, charbonneux; ils tachent les doigts. Proust, analysant des échantillons d'Almaden, y trouva un peu de plombagine.

Mais la matière la plus intéressante à étudier est le minerai ordinaire, quartzite plus ou moins imprégné de cinabre. Lorsqu'on le calcine de manière à expulser le soufre et le mercure, la roche s'offre à la vue comme une scorie ou une masse cariée, qui souvent ne peut se soutenir et se réduit en sable en tout ou en partie. La consistance de ce ré-

(*) *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1717.

sidu permet de juger assez exactement de la teneur du minerai; il ne reste rien naturellement avec du cinabre pur; et la gangue calcinée résiste d'autant moins que le minerai était plus riche. Lorsqu'au contraire, on calcine des fragments de quartzite stérile, ils conservent leur structure et leur dureté primitives.

La matière du quartzite, qui manque aujourd'hui dans les roches imprégnées de cinabre, ne pouvait assurément manquer, ni à l'époque du dépôt primitif des couches, ni après les fortes pressions qui les ont comprimées en les redressant. Comment a pu s'effectuer cette disparition d'une matière siliceuse, à peu près inattaquable par tous les réactifs dont on pourrait imaginer l'intervention à l'époque de la formation des filons de cinabre? Nous ne prétendons pas l'expliquer, et nous renonçons à reproduire les diverses théories, toutes plus ou moins inadmissibles, que l'on a proposées à ce sujet.

III. — Age des filons.

L'époque à laquelle il convient de placer la venue du cinabre n'est pas moins difficile à préciser.

Incontestablement, le cinabre n'est pas contemporain du dépôt des couches siluriennes ou dévoniennes dans lesquelles on le rencontre. Tout ce que l'on sait s'y oppose. Pour tous les géologues, le mercure, de même que les autres métaux, vient du sein de la terre. On trouve dans le territoire d'Almaden beaucoup de roches qui ont cette même origine. Ces roches ont apparu à des époques diverses; on ne saurait admettre, en effet, que les granites de los Pedroches soient du même âge que les mélaphyres de Chillon ou d'Almaden, ou que les porphyres trachytiques de Gargantiel.

L'apparition de quelqu'une de ces roches est-elle concomitante avec celle du mercure? Quelques faits permettent de le penser. Le plus important est la présence, au contact

même du cinabre, d'une roche mélaphyrique à l'extrémité Est du filon San Francisco, au neuvième étage. Nous avons dit aussi que l'on avait trouvé, à Almadenejos, à Guadalpéral, du cinabre en mouches et veinules dans une roche intimement liée aux mélaphyres qui forment près de ce hameau un massif considérable au milieu du terrain dévonien. Enfin, on a trouvé du mercure à l'état métallique au contact du mélaphyre de Chillon avec le grès. On y a même ouvert un puits de 12 à 13 mètres de profondeur, que l'on a abandonné ensuite, après y avoir ramassé quelques kilogrammes de ce métal; quoique l'ouverture de ce puits remonte à 25 ans, les déblais qui en proviennent sont encore accumulés tout auprès; ils sont formés aussi d'un mélaphyre où les cristaux de quartz sont moins abondants que dans celui de la mine d'Almaden. Je dois dire cependant qu'il règne quelques doutes sur l'origine de ce mercure; on ne voit pas de cinabre dans la roche; le puits est situé dans la basse-cour d'une maison, de sorte que l'on a soupçonné que le mercure trouvé pourrait être du mercure volé, caché sous terre il y a longtemps, et infiltré dans les fissures du terrain. Ce n'est là qu'un soupçon, et la découverte du mélaphyre au contact du cinabre, à Almaden même, donne lieu de croire qu'il n'est pas fondé.

Nous admettons donc, comme un fait sinon absolument certain, du moins très-probable, que le cinabre se montre de préférence au contact des roches feldspathiques de Chillon, d'Almaden et de Guadalpéral, et, en quelques points, dans ces roches elles-mêmes. Nous avons déjà signalé plus haut l'analogie que présentent, au point de vue purement pétrographique, les mélaphyres de Chillon avec ceux qui se sont fait jour, vers la fin de l'époque permienne, dans les Vosges et près d'Oberstein, dans la vallée de la Nahe (*). Or, dans le Palatinat, les mélaphyres sont

(*) Voir la description qu'en a donnée M. Delesse (*Annales des mines*, 4e série, t. XVI, p. 511).

Les principaux, et ceux dont l'exploitation a été le plus longtemps continuée, sont ceux d'Almadenejos et de Valdeazogues, à 12 et 15 kilomètres à l'Est-Sud-Est d'Almaden. A la mine de la Concepcion Vieja, située au bas d'Almadenejos, on a exploité deux gisements parallèles très-voisins sous les noms de El Rompimiento et Santa Teresa. Deux autres gisements, El Lineal et la Anquila, s'exploitaient encore en 1860 à la mine de la Concepcion Nueva, à 1 kilomètre à l'Ouest d'Almadenejos; vers cette époque, le produit devint si faible qu'on se décida à les abandonner en 1861. Deux gisements, San Fernando et las Esperanzas, à Valdeazogues, eurent le même sort.

On exploitait, il y a deux ou trois siècles, à l'Ouest d'Almaden, sous le nom de los Fucares (*), des mines qui étaient arrivées, paraît-il, à 400 mètres de profondeur, et dont, à l'inverse de celles d'Almaden, la plus grande richesse se trouvait à l'Est. Plus loin enfin, vers l'Ouest, se trouvait une autre mine nommée San Julian. D'autre part, au Nord, on retira du cinabre des mines de Guadalpéral et de las Cuevas, près de Gargantiel.

Mais tous ces gisements présentaient avec celui d'Almaden une différence capitale, bien que la nature du gîte fût la même. A la Concepcion Nueva, les étages supérieurs donnèrent certaines années jusqu'à 560 tonnes de mercure, mais le minerai disparut presque entièrement à la profondeur de 50 mètres environ. Moins riche à la Concepcion Vieja, le minerai y fut plus constant, mais cessa néanmoins à 250 mètres de profondeur. Il en a été de même à toutes les autres mines, à l'inverse de ce que l'on observe, au moins jusqu'ici, à Almaden.

Doit-on voir dans ces gisements le prolongement à l'Est et à l'Ouest de ceux d'Almaden? Les couches cinabriques

(*) Du nom de banquiers allemands, les frères Fugger, à qui l'exploitation de ces mines fut longtemps affermée.

d'Almadenejos et Valdeazogues semblent, lorsqu'on cherche leurs prolongements vers l'Ouest, passer à 7 ou 8 kilomètres au Sud d'Almaden. Celles de las Cuevas, au contraire, passent à 6 kilomètres au Nord. On connaît bien, entre Almaden et Almadenejos, quelques traces de cinabre qui semblent établir entre les deux régions une sorte de continuité; les mines de los Fucares seraient, vers l'Ouest, un nouveau jalon de la même ligne (Pl. IV, *fig.* 4). On peut donc supposer que l'ensemble des gisements forme un grand système dirigé un peu plus vers le Sud que celui des couches; que les mines des Fucares, d'Almaden, d'Almadenejos indiquent des parties riches de ce système dans lesquelles la cassure suivrait momentanément la direction même des couches, avec toutes les inflexions que présente cette direction.

Nous avons essayé, dans les lignes qui précèdent, de décrire avec soin les filons d'Almaden, les roches qui les accompagnent, les terrains où ils sont encaissés; nous avons pu conclure de cette étude, sinon avec une entière certitude, du moins avec une grande probabilité, l'âge approximatif de ces gisements. Diverses questions restent douteuses; il serait fort intéressant notamment d'arriver à reconstituer la nature des émanations qui ont produit le remplissage des filons, et à expliquer quels phénomènes ont pu enlever du quartzite pour le remplacer par du cinabre. Nous laissons à d'autres le soin de les éclaircir.

DEUXIÈME PARTIE.

EXPLOITATION DES MINES D'ALMADEN.

I. — Méthode d'exploitation.

Les travaux actuels des mines d'Almaden communiquent avec la surface par trois puits verticaux connus sous les noms de San Miguel, à l'extrémité Est, San Aquilino, à l'extrémité Ouest, et entre les deux San Teodoro, qui sans occuper exactement une position moyenne, ne laisse pas que d'être bien placé comme puits principal d'extraction et d'épuisement. C'est dans le voisinage de ce dernier puits que se trouvent, aux divers étages, les dépôts de minerais et de matériaux, ainsi que les réservoirs pour les eaux souterraines.

De ces trois puits, celui de San Teodoro descend à 305 mètres, à 17 mètres, par conséquent, au-dessus du niveau actuel des travaux d'exploitation les plus profonds (288 mètres). San Miguel ne descend pas à plus de 16 mètres, San Aquilino à plus de 5 mètres au-dessous du niveau du neuvième étage. Ces trois puits communiquent entre eux et avec les gisements par des galeries dans le stérile et des galeries de direction dans le minerai.

La distance qui sépare les étages les uns des autres est aujourd'hui fixée à 25 mètres, tandis qu'aux étages supérieurs on s'écartait souvent notablement de ce chiffre. Ainsi les hauteurs des étages sont les suivantes :

1er étage.	44m,80
2e étage.	29 ,50
3e étage.	29 ,08
4e étage.	37 ,41
5e étage.	29 ,68
A reporter.	170m,47

Report.	170m,47
6e étage.	21 ,10
7e étage.	23 ,46
8e étage.	22 ,61
9e étage.	25 ,91
10e étage.	25 ,08
Total.	288m,63

La méthode d'exploitation actuellement employée à Almaden a été imaginée par l'ingénieur don Diego Larrañaga, et, après de vives résistances, définitivement adoptée vers 1804. Quoiqu'elle ait été décrite déjà, par exemple dans le Traité de M. Combes, nous croyons, pour être complet, ne pas devoir la passer entièrement sous silence. Nous rappellerons donc que son caractère essentiel est l'emploi de la maçonnerie pour le soutènement des parois. On avait commencé dès le siècle dernier, sous la direction de quelques ingénieurs venus d'Allemagne, à substituer des arcs de maçonnerie aux bois jusque-là seuls employés; la difficulté de plus en plus grande de se procurer des bois d'une longueur suffisante, par suite de l'augmentation croissante de la puissance, et quelques accidents qui firent craindre un instant pour le sort de la mine tout entière, obligèrent de recourir d'une manière absolue à des procédés de préservation nouveaux et plus efficaces que les anciens.

Le système d'exploitation adopté est, en somme, une méthode en travers avec remblais. Elle présente seulement ces deux particularités essentielles : 1° que, loin d'attendre que l'enlèvement d'une tranche soit achevée pour attaquer la suivante, on passe à l'extrême opposé, enlevant toutes les parties des diverses tranches qui se correspondent verticalement, par des foncées qui vont d'un étage à l'autre, avant de passer à un point voisin; 2° que l'on n'emploie qu'un remblai partiel en maçonnerie de pierres ou de briques venues de l'extérieur.

Les travaux préparatoires consistent dans une galerie qui, partant du puits de San Teodoro, va couper les gise-

ments au niveau auquel on veut établir les travaux, et en différentes foncées ou puits intérieurs qui descendent à partir de la galerie de niveau supérieure de l'étage à exploiter jusqu'à la galerie de niveau inférieure. Le travers-bancs destiné aux transports de minerais et de matériaux doit avoir de grandes dimensions, surtout dans le voisinage des puits; les foncées s'ouvrent sur 2 mètres de largeur sur 3 mètres de longueur, parallèlement à la direction du gîte.

On va, à partir du dixième étage, modifier le traçage jusqu'ici en usage de la manière indiquée par le plan reproduit (Pl. III, *fig.* 8). Au lieu d'établir une voie de roulage à chaque niveau dans chaque filon, on en tracera une dans le milieu du massif stérile qui sépare les deux groupes. Au droit de chacune des futures foncées, espacées de 40 en 40 mètres, s'établira un travers-bancs. Les galeries tracées au milieu de chaque filon ne serviront plus alors que dans une mesure restreinte aux transports; leur entretien sera moins coûteux; le travail dans les chantiers, devenus plus libres, sera plus facile, en même temps que les transports deviendront plus réguliers.

Pour donner plus de clarté à cette explication, nous supposerons le travail toujours divisé en trois périodes bien distinctes, bien que pratiquement ces trois périodes empiètent souvent les unes sur les autres.

1re période : enlèvement de la zone centrale du gîte;

2e période : enlèvement, en travers, de colonnes de minerai de part et d'autre de la zone centrale, en réservant d'autres colonnes qu'on laisse intactes, ou réserves;

3e période : enlèvement des réserves.

Première période. — Quand les puits ouverts dans le centre de la masse sont arrivés à une certaine profondeur, 10 ou 12 mètres, par exemple, on commence à excaver en partant des puits, et dans le sens de la direction, des bancs de 2 mètres de hauteur et de 1m,50 à 2 mètres de largeur;

plus exactement, on donne à ces bancs toute la largeur, un peu variable, que l'on a donnée aux foncées des travaux préparatoires. On commence de nouveaux bancs avant d'avoir achevé d'enlever les premiers, et l'on continue ainsi à exploiter tout le massif central compris entre deux puits, sans attendre que ceux-ci atteignent le niveau de l'étage inférieur : l'enlèvement du massif central se commence donc par des gradins droits.

Lorsque la communication avec la galerie de niveau inférieure a été établie par le puits, on active l'exploitation du minerai par des gradins renversés, suivant, comme les premiers, la partie centrale du gîte. A mesure qu'avancent les bancs et les gradins, à mesure, par suite, qu'augmentent les surfaces des deux zones latérales mises à nu, on les soutient par de forts étais de chêne ou de chêne vert, sur lesquels on dispose des planches lorsqu'on veut établir un passage (*encamacion*).

La distance à laquelle se placent ces étais varie avec l'inclinaison plus ou moins grande des lits ou strates dans lesquels se divise la couche cinabrique. Dans le cas où des étais sembleraient insuffisants, on laisse une clef de minerai pour maintenir les deux parois latérales plus efficacement que ne pourraient le faire de simples buttes. Dans quelques cas enfin où les bois, même de grandes dimensions, et les clefs de minerai ne paraissent pas offrir une sécurité suffisante, on construit des arcs provisoires en maçonnerie de briques, appuyés des deux côtés sur le minerai, et chargés d'un massif de pierres de 1 ou 2 mètres de hauteur, pour les protéger contre des ruptures par des pressions latérales qui tendraient à expulser la clef.

On arrive donc ainsi, sans aucune difficulté sérieuse, grâce à la solidité relative du minerai, à enlever toute la partie centrale du filon, que l'on remplace simplement par des buttes supportant en quelques points des planches, jusqu'à rejoindre le puits voisin de celui d'où l'on était

parti. La distance qui sépare deux de ces puits est habituellement de 25 mètres jusqu'au neuvième étage. Entre le neuvième et le dixième, on les espace actuellement de 40 mètres.

La nécessité d'une exploitation plus rapide, et surtout la convenance d'arriver rapidement à la construction des ouvrages de fortification permanente, obligent habituellement à commencer dans chaque massif les travaux de la deuxième période avant le complet achèvement de ceux de la première.

Deuxième période. — A partir des puits de division en massifs, et à 3 ou 4 mètres en contre-bas ou en contre-haut du niveau des galeries que l'on destine aux transports, on ouvre des excavations transversales que l'on pousse jusqu'à ce qu'elles atteignent les épontes du gîte.

Ces chantiers en travers, dont la largeur est de 3^{m},40, se pratiquent sur toute la longueur du massif, à mesure que le permet l'avancement des gradins droits, et s'ouvrent une distance de 3^{m},40 les uns des autres. Ils servent à la construction d'arcs en briques, à mortier de chaux et de sable, dont les naissances s'appuient sur les épontes, quand celles-ci offrent une solidité suffisante, et pénètrent dans ces épontes dans le cas contraire : l'excavation de fondation dans le mur porte le nom de *rafa*, celle du toit s'appelle *cabezcadero*. Ces arcs, dont la corde se place normalement aux épontes à soutenir, ont généralement des flèches variables avec leur ouverture ; leur épaisseur est d'environ 0^{m},84 (une vara, ancienne mesure espagnole). On construit un de ces arcs transversaux au ciel de la galerie de roulage pour en former le toit, tandis que l'autre sert à en soutenir la sole au moyen d'arcs longitudinaux allant d'un des arcs transversaux à l'autre. Ces premiers arcs, auxquels on donne le nom d'*arcs fondamentaux*, ont fréquemment des ouvertures de 12 et 14 mètres, parfois même de 18 et 20 mètres aux étages inférieurs des deux

gisements de San Francisco et de San Nicolas. Ceux-ci sont, en effet, si rapprochés l'un de l'autre qu'on a jugé préférable d'enlever le petit massif de stérile qui les sépare à l'Ouest, et de réunir l'éponte Nord de San Nicolas à l'éponte Sud de San Francisco par des ouvrages d'art d'une grande portée.

Sur chacun de ces arcs fondamentaux de $3^{m},40$ de longueur parallèlement à leur génératrice, on construit d'une éponte à l'autre des massifs de maçonnerie en pierre de grès dur, provenant de carrières établies au jour aux abords du puits San Teodoro. Le massif s'élève à mesure que l'on enlève des deux côtés de la zone centrale les prismes de minerai placés verticalement au-dessus de l'arc. On laisse de distance en distance, dans ces massifs de maçonnerie, des ouvertures convenablement voûtées qui se correspondent au même niveau dans tous les ouvrages; ces ouvertures, reliées par de petits ponts, forment les deux étages intermédiaires. Les deux croquis (*fig.* 5 et 6, Pl. IV) indiquent, le premier l'aspect des travaux pendant la construction des massifs de maçonnerie, le second leur apparence à la fin de cette construction. Les arcs fondamentaux ne se construisent d'ailleurs pas seulement formant le ciel ou la sole des galeries de transport : on en établit aussi parfois, lorsqu'on le juge nécessaire en des points intermédiaires, soit pour accélérer la construction du massif de maçonnerie, et par suite l'enlèvement du minerai, soit pour diminuer la pression sur l'arc inférieur.

Les murs de maçonnerie, auxquels on donne le nom d'ouvrages (*obras*), se continuent jusqu'à leur point de rencontre avec l'arc de sole de l'étage supérieur. On s'arrange à y enchâsser les arcs provisoires; il suffit évidemment pour cela de prendre, en établissant ceux-ci, la précaution de les construire à l'aplomb des points où l'on établira plus tard les arcs fondamentaux. Les ouvrages se comptent et se classent d'après leur direction et leur posi-

tion par rapport au travers-bancs venant du puits San Teodoro qui a servi de point de partage pour leur établissement : on dit ainsi 1[er], 2[e], 3[e] ouvrage à l'Est, ou à l'Orient, dans chacun des trois gisements.

La *fig.* 7 (Pl. IV) représente un des filons coupé par son plan médian, à la fin de la deuxième période.

L'enlèvement des colonnes de minerai laissées entre les ouvrages, ou réserves, constitue la troisième période de l'exploitation d'un massif.

Troisième période. — A l'inverse de l'exploitation des prismes de minerai que l'on enlève dans la deuxième période de bas en haut pour les remplacer par des massifs de maçonnerie, celle des réserves se fait toujours de haut en bas. Les colonnes étant déjà coupées sur trois de leurs faces et n'adhérant souvent que faiblement aux épontes, lorsque celles-ci sont schisteuses, c'est pour les réserves que le prix de revient de l'abatage est de beaucoup le moins élevé. Quand le toit est schisteux, on protége les ouvriers contre la chute, soit en le recouvrant simplement de planches que l'on attache à des étais horizontaux appuyés sur deux ouvrages voisins, soit au besoin par un parement en maçonnerie élevé sur de petits arcs longitudinaux, jetés d'un ouvrage à l'autre.

En fait il est arrivé souvent que l'on retardât l'enlèvement des réserves, soit qu'on crût en effet devoir les ménager, soit qu'on reculât devant un enlèvement moins commode, pensait-on peut-être, que celui des massifs de la première série. Une polémique assez vive, parfois même acerbe, s'engagea à ce sujet entre divers ingénieurs, vers 1860 ; elle eut pour effet de montrer l'inanité des reproches que l'on faisait à la méthode d'exploitation, de prouver que non-seulement l'enlèvement des réserves était possible, mais même qu'il était très-facile, et enfin de décider à diminuer leur importance en n'en conservant que ce qui est véritablement nécessaire pour mettre l'exploitation à l'abri

de toute interruption dans la production. L'abatage de presque toutes les réserves depuis le sixième jusqu'au huitième étage a montré que les craintes si vivement exprimées par MM. Bernaldez et Rua Figueroa, dans leur *Memoria sobre las minas de Almaden*, n'étaient pas fondées.

II. — Organisation du travail.

Voyons maintenant dans quelles conditions économiques s'exécutent les opérations de traçage, d'abatage et de soutènement.

Tous les ouvriers employés aux excavations intérieures, soit en minerai, soit en stérile, portent le nom de *barreneros*, parce que le fleuret (*barreno*) est l'outil principal dont ils se servent. Ils travaillent tous par contrat, c'est-à-dire à l'entreprise, à tant par unité d'excavation pratiquée, unité dont le type varie suivant la nature de l'excavation.

Ces contrats se renouvellent tous les mois ; les règlements obligent l'administration de l'établissement à observer rigoureusement, pour leur conclusion, toutes les formalités d'une adjudication publique. Ce système, en apparence le meilleur de tous, ne donne cependant à Almaden que des résultats médiocres : il défend très-mal les intérêts de l'État qu'il se propose cependant de sauvegarder. C'est que depuis longtemps déjà, les mineurs ont pris l'habitude de s'associer, et de se distribuer entre eux les différents chantiers par voie de tirage au sort. Chaque groupe fait alors une adjudication pour le chantier qui lui est échu, sans jamais rencontrer de la part des autres groupes une concurrence qui fasse baisser le prix de la main-d'œuvre (*).

(*) Voir p. 138, la note sur la déplorable émeute de 1874, dans laquelle périrent assassinés MM. Monasterio, inspecteur général des mines, et Buceta, ingénieur ordinaire.

Chaque chantier est donc adjugé à un groupe de vingt ouvriers, qui se divisent en quadrilles de deux, trois ou quatre hommes, selon la nature de l'excavation qu'il s'agit de pratiquer. Ces différentes quadrilles se relèvent par postes ou entrées, de six heures chacune : la première entrée va de minuit à six heures du matin; la deuxième de six heures à midi, et ainsi de suite. Les piqueurs à la veine ou au rocher travaillent dans les trois premiers postes, le quatrième sert au transport des minerais depuis les chantiers jusqu'aux voies de roulage principales, des matériaux aux chantiers, et à l'exécution des travaux de boisage.

Les prix des excavations sont ordinairement tels que la journée de six heures soit payée de quatre à cinq piécettes (une piécette : 1f,05 au change courant; la piécette, en réalité, a le même poids que le franc). L'usage impose à chaque ouvrier l'obligation de forer dans ses six heures de travail un trou de mine de 0m,28 de profondeur dans le minerai, et deux de ces trous dans le schiste ou la frailesca.

L'administration fournit aux ouvriers les outils, moins le marteau que chacun possède en propre, et les entretient à ses frais. Ces outils sont déposés dans des magasins intérieurs placés à chaque étage dans le voisinage du puits San Teodoro; les frais d'éclairage et l'achat de la poudre sont au compte des ouvriers.

Le nombre des ouvriers occupés dans la mine aux différentes heures de la journée est assez variable; on peut compter en moyenne chaque jour sur les chiffres suivants :

1re entrée.	40 à 60	ouvriers.
2e entrée.	300 à 340	—
3e entrée.	180 à 200	—
4e entrée.	180 à 200	—
	700 à 800	ouvriers.

Le nombre total des ouvriers occupés dans l'intérieur est d'ailleurs beaucoup plus fort et varie de 2.250 à 2.500.

Chaque ouvrier fait donc en moyenne un poste de six heures par trois journées; mais en raison de ce que certains services, moins dangereux pour la santé des hommes que celui de l'abatage, se font tous les jours, ou presque tous les jours par les mêmes ouvriers, ceux occupés à l'abatage et au muraillement ne travaillent guère dans la mine que six heures tous les cinq ou six jours.

Le boisage (*entibacion*) est confié à des ouvriers qui constituent un corps spécial (celui des *entibadores*), comprenant deux classes d'ouvriers. Les premiers, appelés *entibadores* de première classe, ont chacun sous leurs ordres deux boiseurs de deuxième classe. Tous les boiseurs forment ainsi quarante quadrilles de trois ouvriers; ils sont chargés de tous les boisages, renouvellements d'échelles et d'étais; une quadrille a pour fonction spéciale de constamment visiter et maintenir en bon état la colonne de pompes qui va du septième étage au jour. Chaque boiseur de première classe gagne 2f,75 (*); ceux de seconde classe 2f,25; l'administration leur fournit en outre la lumière et les outils. Ce sont les meilleurs ouvriers, et les plus disciplinés.

Les bois employés sont le chêne ou le chêne vert; ils proviennent des forêts voisines et s'achètent par adjudication, en moyenne à 70-75 francs le mètre cube.

Les ouvrages de maçonnerie sont exécutés par des ouvriers spéciaux, nommés *alarifes;* leur travail leur est payé à tant le mètre cube d'arc, tant le mètre cube de massif. Ils sont placés sous la surveillance de maîtres maçons, appelés *maestros de obras*. L'administration leur fournit les matériaux à pied d'œuvre; ils ont à préparer à leur compte les mortiers, et à les élever, ainsi que les briques et les pierres jusqu'à la voûte ou au massif aux-

(*) J'identifie la piécette espagnole avec le franc; il n'y a, en réalité, dans les nouvelles piécettes, ni différence de poids, ni différence de titre avec notre monnaie.

quels ils travaillent. Ils emploient, pour le faire, des treuils mus à bras.

Les briques se fabriquent à petite distance de l'établissement et s'achètent par adjudication. On les paye à tant le cent; le mètre cube de briques revient à 20 francs environ.

La pierre s'exploite à l'extérieur dans les carrières ouvertes au Sud de la colline d'Almaden dans de grands bancs de quartzite blanc. On la paye à raison de 5 à 6 francs le mètre cube de roche, en place.

La chaux provient de bancs de calcaire silurien qui se trouvent à 12 ou 15 kilomètres d'Almaden; elle se paye, rendue à la mine, de 2f,25 à 2f,50 l'hectolitre. Elle est d'une qualité excellente ; aussi les ouvrages en maçonnerie ont-ils une grande solidité à laquelle contribue sans doute aussi la nature calcaire et magnésienne des eaux de la mine, qui ne donnent pas moins de 2 kilogrammes de dépôt par mètre cube.

Le prix de revient du mètre cube de maçonnerie peut s'évaluer de la manière suivante :

		francs.
1° Arcs. . .	Briques.	20,00
	Chaux.	2,50
	Transports.	2,50 à 5,00
	Pose.	9,00
		34,00 à 36,00

		francs.
2° Massifs. .	Pierres.	6,00
	Transports. . . .	3,00 à 5,50
	Chaux et sable. .	2,50
	Pose.	7,00
		18,50 à 21,00

Voici, d'ailleurs, au sujet des travaux d'abatage et de soutènement, quelques chiffres précis empruntés aux registres officiels de l'administration des mines.

Du 1er juillet 1875 au 1er juillet 1876.

1° *Abatage.* — Nombre de chantiers, en moyenne. 120

	Volume abattu. .	6.680 mètres cubes.	
Dépenses. .	Abatage.	292.615 fr.	309.865 fr.
	Entretien d'outils.	17.250	
	Nombre de journées payées.	54.747	

Le nombre total des mètres cubes de roche abattus a été :

En minerai, de.	6.367^{m3},850
En stérile.	371 ,507
Total.	6.739^{m3},357

Il en résulte que le mètre cube a coûté en moyenne 46 francs à abattre.

La production a été, en poids, la suivante :

En minerai.	19.498^{t},489
En stérile.	1.590 ,446

Des 6.367^{m3},85 de minerai abattu dans la mine, 4.312^{m3},071 ont été pris dans les réserves, qui régulièrement ne devraient fournir que le tiers de la production totale; elles représentent, en effet, d'après ce que nous avons dit, le tiers du gisement entier. C'est qu'on avait depuis longtemps laissé s'accumuler les réserves, et qu'on a jugé bon de les ramener à une quantité moins exagérée, en en enlevant une partie considérable dans les dernières années. Aussi la tonne de minerai n'a-t-elle été grevée cette année, pour abatage, que de 15^{f},90, tandis que l'abatage avait coûté 25^{f},90; 23^{f},70; 26^{f},50; 23^{f},80; 18^{f},40 dans les cinq années précédentes. Ces chiffres justifient ce que nous disions précédemment sur la facilité d'enlèvement des réserves.

2° *Soutènement.* — Les chiffres tout à fait précis me font ici défaut, d'autant plus que la comptabilité des mines ne fait pas de comptes distincts pour le boisage et le murail-

lement, et que les comptes pour l'année économique terminée le 1er juillet 1876 n'étaient pas encore complétement dressés à l'époque de mon séjour à Almaden.

Les dépenses de soutènement varient de 200.000 à 250.000 francs par année : elles ont été en 1875-76 de 230.000 francs environ.

Or on construit dans l'année :

504^{m3},924 d'arcs ayant coûté. . . . 4.476f,53
et 2.687^{m3},199 de massifs ayant coûté 18.328f,68 } pour la pose.

Nous avons vu tout à l'heure que le prix du mètre cube de maçonnerie d'arcs peut s'estimer à 35 francs, et celui du mètre cube de massif à 20 francs.

Les travaux de muraillement n'auraient donc coûté ensemble que 72.000 francs, et le reste, soit plus de 150.000 francs, aurait été consacré aux travaux de boisage et d'entretien; ce chiffre s'explique d'ailleurs si l'on songe au nombre des boiseurs (120 hommes) constamment occupés, et au prix élevé des bois de soutènement (75 francs le mètre cube).

Passons maintenant à l'étude des moyens de transport et d'extraction.

Roulage. — Tous les services de transports intérieurs, soit des minerais jusqu'aux puits, soit des matériaux à pied d'œuvre, soit des outils aux dépôts et réciproquement, se font à l'entreprise. On emploie pour le roulage des wagons rectangulaires en fer de 216 litres de capacité, contenant un poids de 400 kilog. de minerai. Ils roulent sur des voies en fer de 0m,78 de largeur, formées par des rails qui pèsent 10 kilog. le mètre courant. Le service, appelé aussi service d'extraction et d'introduction, comprend tous les mouvements intérieurs : il se paye à raison de 0f,25 à 0f,32 par 100 kilog. de poids extraits ou introduits, sauf pour les matériaux de construction. Pour ceux-ci, en effet, l'admi-

nistration traite à raison de tant par mètre cube de maçonnerie en place ; le prix varie selon la position des ouvrages, il est en moyenne de 2f,50 pour le filon San Pedro y San Diego, de 5 francs pour San Francisco et San Nicolas.

Extraction. — L'extraction au jour se fait dans les mêmes wagons que l'on enlève dans des cages guidées par de fortes poutres en chêne du Canada, pourvues de parachutes Libotte, et suspendues à des câbles plats en aloès.

Jusqu'en 1873, l'extraction se faisait uniquement par le puits San Teodoro, au moyen d'un manége à chevaux ou à mules. Depuis le mois de mars 1873, le service d'extraction et d'introduction se fait aussi par le puits San Miguel. Près de la bouche de ce puits se trouve une machine à vapeur, de la force nominale de 20 chevaux-vapeur, à cylindre horizontal, à condensation et détente variable système Meyer; les deux bobines sur lesquelles s'enroulent les câbles sont mises en mouvement par cette machine par l'intermédiaire d'un engrenage. La vitesse des câbles est d'environ 2 mètres par seconde. La machine met en outre en mouvement un *ventilateur* Guibal, qui fonctionne en aspirant l'air vicié de la mine.

Jusqu'à l'installation de cette machine à vapeur, le puits San Miguel n'avait jamais servi qu'à la descente des hommes; mais on fut obligé en 1874 d'interrompre le service de l'extraction par San Teodoro, pour régulariser les parois de ce puits et y installer un guidonnage; les opérations ont été terminées, ainsi que la pose de la machine d'extraction, en 1875, mais l'installation provisoire de San Miguel, ayant donné de bons résultats, fut conservée.

La machine du puits San Teodoro a une force nominale de 40 chevaux; elle est à deux cylindres verticaux, à condensation et à détente variable système Audhemar; l'admission de la vapeur et son échappement se font par des soupapes : elle a été construite dans les ateliers de John Cockerill, à Seraing. Une petite machine auxiliaire de 6 chevaux est

destinée à lui venir en aide en cas de besoin. Sa force est calculée de manière à pouvoir faire en 12 heures l'extraction normale et l'épuisement de la mine, au moyen de bennes à eau.

Au puits San Aquilino fonctionne une machine de 30 chevaux, à cylindre vertical, avec condensation, et appareil Guinotte de détente variable. Sa fonction essentielle est la montée et la descente des ouvriers qui, entrant dans la mine par une galerie de niveau du 1er étage à 44 mètres au dessous du niveau supérieur, descendent depuis le 1er étage jusqu'à celui où ils ont à travailler. On évite ainsi d'une part du travail pour la machine, d'autre part pour les ouvriers qui habitent plus bas que le puits San Aquilino l'obligation d'y monter chaque jour. Accessoirement, la machine sert aussi à l'extraction.

Les mines d'Almaden sont donc actuellement desservies d'une manière entièrement satisfaisante, par des machines à vapeur des types les plus perfectionnés, tandis qu'il y a quatre ans encore on regardait avec raison leur installation comme une des plus défectueuses que l'on pût voir, même en Espagne. Cette situation était d'autant moins compréhensible que les mines d'Almaden donnent depuis longtemps des bénéfices très-considérables; elle ne s'explique que par l'incurie du gouvernement espagnol, sa défiance systématique à l'égard des ingénieurs, et par les innombrables difficultés qui naissent d'une excessive division des pouvoirs, notamment par la séparation absolue de la direction technique, et de celle des services administratifs. Il a fallu, pour remédier à cet état de choses, toute l'énergie de feu M. l'inspecteur général des mines Monasterio, obligé de lutter à la fois contre l'inertie du gouvernement et contre le mauvais vouloir des ouvriers d'Almaden, qui firent au début à l'introduction des machines la même opposition irraisonnée que rencontrent presque partout les perfectionnements même les plus naturellement indiqués.

On peut se demander pourquoi l'on a établi des machines de trois types différents; la raison principale a été le désir de faire des essais comparatifs, et de fournir aux jeunes ingénieurs des mines, pour lesquels un séjour à Almaden est habituellement une sorte d'école d'application, l'occasion de voir de près et dans leurs détails différents systèmes fonctionner concuremment.

Épuisement. — Le service de l'épuisement se divise en deux parties : 1° élévation des eaux qui se produisent au dessus du 7ᵉ étage, c'est-à-dire jusqu'à 208 mètres de profondeur; 2° élévation des eaux des 8ᵉ, 9ᵉ et 10ᵉ étages jusqu'au 7ᵉ.

Le premier de ces services se fait aujourd'hui presque exclusivement au moyen de bennes à eau par la machine à vapeur du puits San Teodoro. Toutefois on fait encore fonctionner, quatre fois à peu près par an, une machine à vapeur de Watt, à simple effet, à basse pression; établie en 1791, cette machine est une des premières de celles que construisit Watt, en employant le mouvement du balancier pour ouvrir et fermer l'admission, et pour faire la condensation. Le balancier, en bois, n'a été que consolidé postérieurement par l'addition de quelques barres de fer. Cette machine fait marcher une colonne de sept pompes aspirantes et élévatoires, dont les pistons, également en bois, ne sont pas une des moindres particularités de cette installation que l'on ne conserve qu'à titre de monument historique.

Deux réservoirs, l'un de 1.380 mètres cubes au 5ᵉ étage, l'autre de 914 mètres cubes au 7ᵉ, servent à réunir les eaux de la mine.

La production de vapeur pour cette machine à vapeur se fait au moyen de chaudières chauffées au bois; on paye à l'adjudicataire du service de chauffage 1ᶠ,50 environ par centimètre dont s'abaisse dans les réservoirs le niveau de l'eau, soit environ par 5 mètres cubes d'eau extraite.

Les eaux produites au-dessous du niveau du 7ᵉ étage

s'élèvent jusqu'au réservoir de ce niveau au moyen de simples pompes à main très-grossières, disposées en colonnes et mues par des manœuvres qui gagnent à ce travail de 1f,50 à 2 francs par journée de 6 heures. C'est le service auquel on condamnait autrefois les esclaves dans les mines. Il se fait maintenant par adjudication, on paye au contractiste de 12 à 14 francs par centimètre dont descend l'eau dans le réservoir inférieur.

On voit que le service de l'épuisement laisse encore à désirer; cela tient sans doute à son importance relativement restreinte : la mine ne produit en effet, d'après les observations de plusieurs années, que de 72 à 84 mètres cubes d'eau par 24 heures, dont une partie notable au-dessus du 7e étage. Pour toute cette partie la dépense a diminué depuis l'installation de la machine de San Teodoro dans une proportion remarquable. Elle ne coûte plus guère en effet que 5.000 francs au lieu de 40.000 qu'elle coûtait auparavant.

Le prix de l'extraction est de même descendu, grâce aux nouvelles installations, de 3f,20 la tonne à 1f,90.

Aérage. —La ventilation de la mine se fait naturellement, par suite de la différence de niveau des bouches des puits qui communiquent entre eux. L'air frais entre par San Teodoro, et par San Aquilino et ressort par San Miguel après avoir parcouru les travaux. Dans la saison chaude le courant tend à se renverser et l'on ne réussit à le maintenir que grâce au ventilateur de San Miguel. Avant l'établissement de cet appareil, la ventilation s'activait en été par un foyer d'aérage à la base du puits.

Le renouvellement actif de l'air n'est nulle part peut-être aussi nécessaire qu'à Almaden. Il se charge en effet de vapeurs mercurielles et de miasmes provenant de la décomposition des bois; bien peu, parmi les anciens ouvriers, et surtout parmi les surveillants, réussissent à échapper au tremblement mercuriel.

Ateliers. — Les puits de San Aquilino et San Teodoro, placés à l'extrémité Ouest de la ville d'Almaden, moins à l'étroit par conséquent que San Miguel qui est dans la ville même, sont couverts de solides constructions qui abritent les machines et entourés d'un certain nombre de bâtiments servant d'ateliers et de magasins. On y trouve une forge, une charpenterie, un atelier de réparations.

Les deux premiers servent à la mise en état des outils employés dans les travaux en régie; le troisième, à la confection et à l'entretien du nouveau matériel de transport. On y trouve les principales machines-outils, mues par une petite machine à vapeur de 12 chevaux. On pourrait dans ces ateliers fabriquer les outils dont on a besoin : on préfère néanmoins les acheter; l'entretien d'une notable partie des outils se fait aussi par contrat.

Tout le service des magasins, des réceptions et des sorties est fait par des enfants qui gagnent de 0f,40 à 0f,85 par jour, et par de vieux ouvriers dont la santé a été ruinée par le service des mines, au point que leur travail est loin de mériter le modique salaire qu'on leur donne plutôt en guise de retraite que comme rémunération pour un service rendu. C'est aussi à ces invalides du travail que l'on confie les travaux de réparations extérieures, d'entretien des voies d'accès, etc., lorsqu'ils demandent un secours pour se rétablir.

Tous ces travaux au jour occupent ensemble environ 650 hommes et 220 enfants; ils sont payés sur le compte des frais généraux d'exploitation.

III. — Préparation mécanique.

Dans l'état actuel des choses, le minerai tel qu'il sort de la mine est chargé sur des charrettes à bœufs et conduit ainsi jusqu'à l'usine de distillation, où il n'est soumis qu'à une classification grossière dans le voisinage des fours

auxquels on le destine. On le divise, d'après son aspect, en trois classes : minerai supérieur, minerai moyen, minerai pauvre.

Le minerai supérieur, appelé ordinairement *métal*, prend le nom de *cinabre* lorsqu'il est très-riche, et d'un grain assez fin pour pouvoir se travailler : on l'emploie alors à la fabrication de petits objets d'ornement, d'encriers, de presse-papiers, etc. ; au point de vue métallurgique, il convient donc de faire abstraction de cette variété, d'ailleurs assez rare. Le *métal* ordinaire tient environ, en moyenne, 25 p. 100 de mercure; il forme à peu près 16,14 p. 100 de la masse entière du minerai en morceanx.

Le minerai moyen s'appelle *china* lorsqu'il est en morceaux de 100 à 250 centimètres cubes, et *requiebro* lorsqu'il forme des masses plus considérables.

La teneur de la *china* est d'ailleurs très-variable; aussi en avait-on fait, en 1869, à l'époque des essais de M. Monarterio, dont nous parlerons tout à l'heure, sept classes distinctes, par ordre de richesse décroissante; la division se faisait à simple vue, d'après l'apparence du minerai et sa couleur, variant du rouge au gris violacé. Les essais ultérieurs ont du reste montré la parfaite exactitude de cette classification, qui exige seulement de la part des ouvriers une habitude qu'ils arrivent assez promptement à acquérir.

On obtient les proportions suivantes de minerai de chaque classe :

	PROPORTION p. 100 de minerais de toutes classes.	TENEUR en mercure.
China 1re classe.	2,35	25,00
— 2e classe.	8,63	17,06
— 3e classe.	7,82	14,66
— 4e classe.	2,77	8,88
— 5e classe.	3,93	4,99
— 6e classe.	4,74	2,46
— 7e classe.	29,41	1,05

La 1re classe de *china* a donc la même teneur que le minerai supérieur. En les réunissant on a 18,49 p. 100 du minerai entier, qui tiennent 25 p. 100 de mercure. La division de la *china* en 7 classes, nécessaire pour les prises d'essais des expériences de M. Monasterio, ne se fait plus aujourd'hui. Toutes les classes de *china*, depuis la 2e jusqu'à la 7e, sont donc réunies et forment ensemble 57,30 p. 100 du minerai en morceaux, que l'on réunit sous le nom de *minerai moyen*, et dont la teneur moyenne en mercure est de 6,08 p. 100.

Le minerai pauvre, désigné sous le nom de *solera pobre*, ou *solera negra*, est formé par de grands blocs de quartzite noire, présentant seulement des mouches de cinabre, ainsi que par des morceaux un peu gros de schiste légèrement imprégné. Il constitue environ 24,21 p. 100 du minerai en morceaux; sa teneur moyenne est de 0,80 p. 100 de mercure.

Lorsqu'on a enlevé du minerai tel qu'il sort de la mine les morceaux d'une certaine dimension pour en faire le *métal*, la *china*, ou la *solera pobre*, il reste des grenailles et des menus, mêlés d'une assez grande quantité de schiste stérile, de débris de diverses natures, tels que fragments de briques et de bois : on donne à tout ce résidu le nom de *bacisco;* un criblage retient les morceaux dont le volume dépasse 40 centimètres cubes; les terres restantes sont mouillées, puis agglomérées grossièrement de manière à former des briquettes en forme de pyramide tronquée, auxquelles on donne improprement le nom de boules de *bacisco*.

Le *bacisco*, c'est-à-dire en somme le menu, forme sensiblement le quart du minerai gros. Quant à sa teneur, on peut admettre qu'elle est à peu près la teneur moyenne, puisque ce menu est formé de débris de morceaux de toutes richesses. On obtient en grenaille criblée un peu moins du quart du menu.

En résumé, les différentes classes de minerai se répartissent à peu près de la manière suivante :

MINERAIS.	TENEUR.	PROPORTION du mineral total.
Métal.	25,30 %	14,792 %
China.	6,08 %	45,840 %
Solera pobre.	0,80 %	19,368 %
Bacisco.	»	20,000 %
		100,000 %

Ce qui donne pour l'ensemble du minerai une teneur moyenne de 8,30 p. 100.

Ce chiffre est loin d'avoir rien d'absolu, nous ne prétendons même pas le donner comme une moyenne ; on n'a jamais fait, en effet, d'essais suivis pendant une période un peu longue. Ainsi un autre essai avait donné, pour la teneur et les proportions des différentes classes, les chiffres suivants :

MINERAIS.	TENEUR.	PROPORTION.
Métal.	21,50	16,60 %
China.	7,40	55,66 %
Solera.	0,32	21,50 %
Bacisco.	7,00	6,24 %

Teneur moyenne, 8,15 p. 100.

Comme, d'ailleurs, on traite dans l'usine tout le minerai qu'on retire des mines, on comprend, sans plus amples explications, que la teneur moyenne du minerai doit nécessairement varier : on peut compter qu'elle se tient entre 7,50 et 9 p. 100.

D'importants perfectionnements seront prochainement apportés à la classification, véritablement trop primitive aujourd'hui, des minerais d'Almaden. On a relié, dès maintenant, la mine à l'usine par un plan incliné sur lequel les wagons devaient d'abord descendre par le seul effet de la pesanteur ; seulement on a donné au plan une pente insuffisante : on va y suppléer en établissant sur ce plan une

traction mécanique au moyen d'une machine à vapeur placée à l'extrémité inférieure. Deux wagonnets seront alors installés sur un truc et parcourront en quelques instants les 500 mètres qui se franchissent aujourd'hui au moyen de lourdes et coûteuses charrettes à bœufs.

Au bas du plan les wagonnets arriveront à la partie supérieure d'un atelier de classification ; ils seront vidés sur un système de cinq grilles superposées, dont les deux premières sont fixes et les trois inférieures mobiles, de manière à recevoir une série de secousses destinées à faciliter la chute du minerai.

Les morceaux les plus gros, restés sur les deux premières grilles, passeront à un concasseur américain, puis retourneront au criblage. Tout l'atelier est mis en mouvement par une machine Corliss de 15 chevaux.

On obtiendra ainsi cinq classes de minerai, par grosseur. Chacune de ces classes tombera sur une table tournante où se fera un classement à la main, selon la richesse. Ce classement, d'après la couleur, peur donner, avec des ouvriers exercés et soigneux, d'excellents résultats ; ainsi l'on peut, en réduisant en poudre des minerais de teneur décroissante depuis 10 p. 100 jusqu'à 1 p. 100, former une véritable gamme de couleurs, allant du rouge vif au gris, légèrement violet et, d'après cette gamme, juger, à un demi-centième près, la teneur d'un tas de minerai, pourvu, cela va sans dire, qu'on fasse convenablement la prise d'essai.

On est en droit d'attendre d'excellents résultats de cet atelier de classification, qui fonctionnera dès que l'installation du plan incliné sera achevée. Mais on s'est contenté jusqu'ici du triage un peu grossier que nous avons indiqué plus haut : c'est le minerai ainsi trié, en métal, china, solera et bacisco, dont nous allons exposer le traitement dans l'usine de distillation.

TROISIÈME PARTIE.

MÉTALLURGIE DU MERCURE A ALMADEN.

Les procédés métallurgiques actuellement en usage à Almaden y ont été introduits, l'un en 1648, l'autre en 1806: ils ont été appliqués jusque dans les dernières années sans qu'on se rendît un compte exact de leur valeur véritable; on admettait, en Espagne et hors de l'Espagne, qu'ils étaient extrêmement défectueux. La perte de mercure était généralement évaluée à 50 p. 100 de la teneur; un mémoire imprimé en 1860 par ordre royal l'estimait même à 53,40 et 49,82 p. 100 dans les deux méthodes de traitement.

Les recherches faites à Idria, avec des appareils perfectionnés, y indiquaient des pertes variant à 27 à 40 p. 100. Il n'est donc pas étonnant que l'on ait cru à des pertes encore plus fortes à Almaden, avec des appareils de distillation très-simples, et un procédé de traitement ancien, dans lequel on ne se rendait même pas compte de la teneur des minerais; négligeant, d'ailleurs, la différence entre la nature des minerais d'Almaden et de ceux d'Idria, on était arrivé à accepter, avec une sorte de résignation passive, l'idée d'une perte de la moitié ou au moins du tiers du mercure contenu dans les minerais.

On était heureusement bien loin de la vérité. Des propositions d'un ingénieur français, M. Pellet, pour l'introduction d'un nouveau four décidèrent à faire des essais sérieux et précis dans le courant de l'année 1869; ces essais furent repris en 1872 et prouvèrent avec une entière certitude que les pertes attribuées aux procédés anciens étaient absolument imaginaires, que le chiffre réel de ces

pertes, jusque-là estimées au hasard, parce qu'on n'avait jamais déterminé la teneur moyenne des charges, ne dépassait pas 6 p. 100 du mercure contenu; enfin que la métallurgie du mercure à Almaden était arrivée, par le seul effet d'une longue pratique et grâce à la nature des minerais, à une situation que l'on a le droit de regarder comme très-satisfaisante.

L'exposé des essais qui ont conduit à ce résultat remarquable pourra donner quelque intérêt au présent travail; il sera malheureusement loin d'être complet. Les expériences de 1869 sont, en effet, les seules dont la marche et le résultat aient été publiés, dans un rapport adressé au ministre des finances par M. José de Monasterio, et imprimé en 1870.

Les essais de 1872, sous la direction de MM. Luis de la Escosura et Federico Botella, le premier inspecteur général, le second ingénieur en chef des mines, n'ont pas encore été rendus publics, et je n'ai pu avoir communication que de leur résultat essentiel; tous les documents qui y sont relatifs sont en effet entre les mains de D. Luis de la Escosura, et ils doivent former une partie importante d'un ouvrage que cet ingénieur se propose de publier, sur la métallurgie du mercure, sujet proposé par le conseil de l'École des mines pour un concours ouvert entre tous les ingénieurs, espagnols ou étrangers, et auquel est attaché un prix assez considérable (*). Tout en regrettant vivement que cette circonstance nous ait privé de la communication d'une série de documents d'un haut intérêt, nous pourrons dès maintenant en annoncer les résultats les plus caractéristiques.

Ces résultats, dans tous les cas, méritent d'appeler l'at-

(*) Au dernier moment, nous apprenons que le prix a été effectivement décerné à M. Luis de la Escosura, le 14 juillet 1877. Nous croyons que l'ouvrage n'est pas encore publié.

tention sur l'usine d'Almaden, et sur les procédés qui y sont employés. Nous divisons cette troisième partie en trois chapitres :

I. Description de l'usine d'Almaden; sa consistance.
II. Traitement des minerais aux fours Bustamante et aux fours d'Idria.
III. Pertes de mercure; essais pour les réduire.

I. — Description de l'usine d'Almaden.

L'usine de distillation, désignée sous le nom de *Cerco de Buitrones* (enceinte des Vautours), occupe l'extrémité occidentale de la colline sur laquelle est bâtie la ville d'Almaden. Elle forme un rectangle irrégulier de 320 mètres de longueur sur 240 mètres de largeur environ, de telle sorte que la surface dépasse 7 hectares et demi. Des murs d'une grande hauteur entourent de toutes parts ce vaste circuit, pour protéger l'établissement contre les tentatives de vol.

L'installation à l'intérieur de cette enceinte, la disposition des différents groupes de fours ne méritent pas une étude spéciale; l'usine, construite il y a plus de deux siècles, s'est agrandie peu à peu, de telle façon que si, il est vrai, les fours sont groupés dans le voisinage les uns des autres, ils sont cependant construits sans aucune disposition systématique et régulière.

On emploie à Almaden deux types de fours, tous deux d'ailleurs connus depuis longtemps. Le plus ancien est le four dit four de Bustamante qui, imaginé par Lope Saavedra Barba, à Huancavelica, fut introduit à Almaden, en 1633, par Bustamante; l'autre a été copié, au commencement de ce siècle, sur les fours à chambres de condensation alors en usage à Idria, et on lui a conservé le nom de four d'Idria, quoiqu'il soit abandonné dans cette dernière localité.

Les fours de Bustamante, ou fours à aludels, sont toujours réunis deux par deux ; ils sont dans l'usine entière au nombre de vingt, formant dix groupes de deux fours chacun.

Le four proprement dit est une cuve cylindrique, de 2 mètres de diamètre, sur 6m,50 de hauteur ; la cuve est fermée à sa partie supérieure par une voûte hémisphérique, percée d'une ouverture destinée au chargement du minerai. Une paroi à claire-voie en maçonnerie de briques, nommé la *red*, divise la cuve, à mi-hauteur, en deux compartiments : cette *red* est formée par une série d'arcs en briques, parallèles les uns aux autres.

Le compartiment inférieur est le foyer ; une porte placée de côté sert à introduire le combustible et à attiser le feu : elle s'appelle l'*atizadero*. Une cheminée placée près de l'*atizadero* sert à faciliter la combustion en activant le tirage et à éviter le passage dans l'appareil de condensation de la plus grande partie des fumées. On brûle des branches d'arbustes, désignées sous le nom de *monte-bajo*, que l'on trouve en abondance sur la plupart des montagnes qui entourent Almaden.

Le compartiment supérieur, ou le vase, est celui qui reçoit la charge ; il communique par une série de fenêtres avec douze files parallèles d'allonges en terre, nommées *aludels*, qui s'emboîtent les unes dans les autres de manière à former une véritable conduite à section variable ; les joints sont lutés le plus exactement possible. Les aludels, au nombre de 40 ou 45 dans chaque file, sont disposés sur deux plans inclinés convergents, appelés, le premier *cabeza* (tête) ou 1er demi-plan, le deuxième *rabera* (arrière) ou 2e demi-plan. Les aludels du demi-plan de tête portent au ventre une ouverture de 2 à 4 millimètres de diamètre qui permet au mercure condensé dans la panse de l'allonge d'en sortir et de descendre le long du plan incliné jusqu'à un canal en pente légère suivant la ligne d'inter-

section des deux demi-plans. Les aludels du deuxième demi-plan n'ont pas ces ouvertures; ils aboutissent à deux chambres de condensation (une chambre par six files), surmontées de petites cheminées dont on peut ouvrir plus ou moins le registre pour régler le tirage au point que l'on juge convenable.

Le mercure sortant des aludels coule par le canal du bas du demi-plan de tête jusqu'à un récipient en pierre, nommé *pila* ou *pileta*. Des conduites souterraines en fer le conduisent ensuite directement au magasin.

Le four d'Idria ne diffère réellement du four de Bustamante que par les appareils de condensation et par les dimensions.

Le four proprement dit a 3 mètres de diamètre et $7^{m},50$ de hauteur; le feu y est, comme au four à aludels, séparé du minerai par une voûte à jours. Le compartiment supérieur communique par cinq conduites de chaque côté avec deux systèmes de six chambres chacun, communiquant l'une avec l'autre par des ouvertures alternativement placées au haut et au bas. La dernière de chacune de ces chambres est plus haute que les précédentes, de manière à former cheminée.

Les chambres de condensation sont revêtues d'une couche de ciment de Portland pour empêcher le mercure de se perdre par les joints de la maçonnerie. Leur base a la forme d'une pyramide tronquée renversée, au sommet de laquelle se réunit le mercure pour aller, par un petit canal, au réservoir en pierre et de là par des conduites souterraines au magasin central.

L'usine d'Almaden n'a que deux de ces fours d'Idria : ils sont réunis dans un seul massif.

La canalisation souterraine qui permet au mercure de tous les fours de descendre par son propre poids jusqu'au magasin est assurément un ouvrage bien simple : elle n'a néanmoins été établie qu'en 1871; grâce à ce travail, on

évite des pertes dans le transport, et surtout on rend la fraude beaucoup plus difficile qu'elle ne l'était auparavant.

Le magasin est un bâtiment isolé, sévèrement surveillé, contenant douze cuves en fer, destinées à recevoir chacune le mercure qui provient d'un groupe de deux fours. Ces cuves sont exactement graduées, de manière que la seule inspection du niveau permette de connaître le poids de mercure renfermé dans chacune d'elles.

Si nous mentionnons encore quelques ateliers de réparations, un petit atelier pour la fabrication et la cuisson des aludels, et quelques bâtiments servant de bureaux, nous aurons achevé la description de l'installation, extrêmement simple, on le voit, de l'usine d'Almaden.

II. — Traitement du minerai (*).

La réaction sur laquelle est fondée la métallurgie du mercure est elle-même, en effet, d'une très-grande simplicité. En présence de l'air, à une température suffisamment élevée, le sulfure de mercure se grille, donnant naissance à du mercure métallique, en vapeurs, et à de l'acide sulfureux. Le grillage s'effectue dans la cuve, la condensation des vapeurs dans les aludels du four de Bustamante ou dans les chambres du four d'Idria.

Voici de quelle manière se fait le travail :

1° *Au four Bustamante.* Chaque opération, au four à aludels, dure trois jours.

Le chargement s'effectue en déposant d'abord sur la *red* (la grille en briques) une couche de $0^m,40$ de *solera* pauvre ou, à son défaut, de pierre de carrière entièrement stérile. Sur cette première couche, on jette les morceaux les plus

(*) On ne distille qu'en hiver, et j'ai visité Almaden en été; ce n'est donc pas ici une description *de visu*, mais seulement d'après les explications qu'ingénieurs et contre-maîtres m'ont données avec une inépuisable complaisance, et d'après les livres de l'établissement.

gros de minerai pauvre, puis une certaine quantité de *china* pauvre et de *requiebro*, au-dessus de laquelle s'entasse le *métal* (minerai riche) jusqu'à la hauteur des fenêtres. On met sur le *métal* les débris d'aludels cassés dans les opérations antérieures, et l'on achève de remplir avec les briquettes ou boules de *bacisco*. On fait parfois aussi entrer dans ces briquettes les poussières mercurielles riches provenant de la condensation, et retirées des aludels aux opérations précédentes. Les boules sont alors naturellement plus riches que lorsqu'elles ne sont faites que de minerais menus et de terres.

Les charges ne sont ni pesées, ni même mesurées; les ouvriers ont toutefois une assez grande habitude des fours pour ne faire varier qu'assez peu la composition de la charge. Celle-ci est formée à peu près de :

	mètres cubes.		kilog.
Métal.	1,0	pesant. .	1.840
China.	3,0 à 3,5.	—	5.290
Solera.	1,5 à 3,0.	—	2.070
Boules de bacisco.	200 boules. . .	—	2.300
Total.			11.500

Soit

Métal.	16 %	de la charge.
China.	46 %	
Solera.	18 %	
Menu.	20 %	

On commence la charge par la porte de chargement latérale, qu'on mure à mesure que le lit de minerai s'élève; on l'achève par l'ouverture supérieure, que l'on ferme également, quand le four est rempli, avec une pâte formée de cendres et d'eau; la même pâte sert à luter les joints des aludels, et les portes de chargement par où pourraient s'échapper les vapeurs mercurielles.

Lorsque le four est ainsi préparé, on allume le feu dans le foyer, on le continue pendant 8 à 10 heures; la con-

sommation de combustible, pendant ce temps, est de 2^{t},20 à 2^{t},50 de bois.

Après dix heures de feu, commence la période de calcination spontanée, dite de *brasa* (braise), par opposition à la première, qui s'appelle période de *llama* (flamme). Elle dure de 45 à 46 heures. Pendant ce temps le grillage du minerai continue, et la température se maintient grâce à la combustion du soufre du minerai.

Alors commence la période de refroidissement du four ; on ouvre l'ouverture de chargement et la porte du foyer, on nettoie celui-ci, et l'on enlève les cendres ; les ouvriers entrent ensuite dans le foyer et déchargent les résidus de calcination, puis recommencent immédiatement à charger ; ces deux dernières opérations ne prennent pas plus de 2 heures.

L'ensemble d'une calcination porte le nom de *cochura* (fournée) ; chaque *cochura* dure trois jours, ainsi répartis :

Chargement.	1	heure.
1° période, feu.	8 à 10	heures.
2°, calcination.	45 à 46	
3°, refroidissement.	18	
	72	heures.

Les résidus de la calcination portent le nom impropre de *scories*. On les examine pour en séparer quelques morceaux mal calcinés ; le reste est chargé sur des charrettes à mules et conduit au dépôt des scories, derrière l'enceinte de l'usine.

Tous les quinze jours, après cinq opérations par conséquent, on lève les aludels du premier demi-plan, pour en détacher l'épaisse couche de poussière mercurielle (*hollines*) qui les tapisse, ainsi que le mercure qui abonde dans la panse des allonges. Cette opération ne se pratique pour les aludels du deuxième demi-plan que tous les deux mois ; la quantité de mercure qui s'y condense est en effet peu consi-

dérable. Les poussières ramassées dans ces nettoyages subissent une sorte de préparation mécanique sur un plan incliné ; on les agite avec de l'eau, et l'on réussit ainsi à en séparer mécaniquement les gouttelettes de mercure qu'elles retiennent. Cette opération porte le nom assez singulier de *batir cabezas*, battre les têtes. Les résidus, formés de cendres souvent assez fortement imprégnées de mercure ou de sels mercuriels, sont employés à la préparation des briquettes.

2° *Travail au four d'Idria.* — Le travail au four d'Idria ressemble beaucoup à celui au four de Bustamante ; les proportions seules sont changées.

Chaque charge est de 28.750 kilog. environ, composée de :

	mèt. cubes.	kilog.		
Métal.	2,50 ou	4.600...	16 %	de la charge.
Chine.	8,75 ...	13.225...	46 %	
Solera.	3,64 ...	5.175...	18 %	
Briquettes de menu.	480 ...	5.750...	20 %	

La durée d'une opération est de six jours ; le premier sert au nettoyage et au chargement ; le deuxième à la combustion du bois dans le foyer ; le troisième et le quatrième à la calcination du minerai, sans feu extérieur ; le cinquième au refroidissement, et le sixième à l'enlèvement des scories.

Trois de ces journées seulement exigent la présence d'ouvriers occupés : une pour la charge, qui dure 3 heures ; une journée pour le feu, une troisième pour le déchargement. Les trois autres ne demandent presque aucune manipulation : on n'a qu'à veiller à ce qu'il ne se produise pas de fuite, et à ouvrir les portes le cinquième jour. La nuit on abandonne entièrement les fours à eux-mêmes, sans même, et c'est un tort, y laisser un surveillant.

La consommation de bois est de 4t,2 à 4t,5 par opération.

Les poussières déposées dans les chambres se lavent dans les chambres mêmes ; les résidus servent, comme

ceux des fours de Bustamante, à la fabrication des briquettes de menu, et une partie au moins du mercure qu'ils contiennent est ainsi réutilisée.

Le mercure réuni au magasin est enfermé dans des bouteilles en fer forgé, bien connues, de $0^m,30$ de hauteur et $0^m,13$ de diamètre, dont le goulot est disposé de manière à recevoir un bouchon à vis formant fermeture hermétique. Ces bouteilles, qui portent le nom de *frascos*, pèsent vides $5^k,5$ à $6^k,5$ et reçoivent chacune $34^k,507$ de mercure (trois *arrobes* ou 75 livres de Castille). Le *frasco* vide coûte de $6^f,50$ à 7 francs.

Cherchons maintenant à nous rendre compte des résultats obtenus par les deux appareils.

Dans la saison d'hiver 1875-76, du 12 octobre 1875 au 27 avril 1876, les dix groupes de deux fours Bustamante ont fonctionné, sans interruption, à raison d'une opération tous les trois jours : ils en ont fait ainsi le nombre total de 1.320.

La moyenne de la charge a été de 11.220 kilog.

La moyenne du mercure produit $824^k,716$ par opération.

Le rendement moyen du minerai 7,35 p. 100.

Le combustible s'achète à forfait, c'est-à-dire qu'un ouvrier entreprend le chauffage moyennant une somme fixe par charge. Le prix était en 1875 de 23 francs par opération, pour une consommation de $2^t,2$ à $2^t,5$. Les aludels sont fabriqués à l'usine par un entrepreneur qui les vend à raison de $0^f,30$ chacun; leur consommation ne représente d'ailleurs qu'un chiffre très-faible.

Les ouvriers travaillent en partie en régie, en partie à l'entreprise. La fabrication des aludels, les réparations des fours, l'extraction des scories se font à l'entreprise. Le chargement et le déchargement des fours, la calcination des minerais, le lutage des aludels et des portes, l'extraction des poussières, se font au contraire en régie.

Les frais de main-d'œuvre par opération peuvent s'évaluer de la manière suivante :

	journées.		francs.	
Chargement.	2	à	2...	4 fr.
Entretien du feu.	1	...	2...	2 —
Lutage.	$\frac{1}{2}$	...	2...	1 —
Déchargement et nettoyage. .	2	...	2...	4 —
				11 fr.

A quoi il faudrait ajouter la main-d'œuvre pour le traitement des résidus. Cette dernière opération, le *batido de cabezas* produit par deux fours et par année de 350 à 450 kilog. de mercure : en moyenne par opération, elle donne 3^k,16 de mercure dans chaque four.

On peut donc estimer la dépense totale d'une opération de la manière suivante :

Main-d'œuvre pour les travaux en régie.	15 fr.
Main-d'œuvre à l'entreprise.	5
Combustible.	25
Entretien et réparation.	5
	50 fr.

ou par tonne de minerai passé environ 4^f,50, et, par tonne de mercure produit, 60 francs de frais spéciaux, au four Bustamante.

1° *Four d'Idria.* — Voici les résultats précis de quatre opérations, pour lesquelles on a tenu note exacte de tous les produits et de toutes les dépenses (*) :

	PREMIÈRE opération.	DEUXIÈME opération.	TROISIÈME opération.	QUATRIÈME opération.
Charge.	28^t,5	28^t,5	28^t,5	28^t,5
Heures de feu.	10	11	11	11,35
Bois consume.	3^t,985	4^t,29	4^t,03	4^t,68
Durée de l'opération. . . .	6^j	6^j	6^j	6^j
Mercure produit.	1.601^k,55	1.538^k,75	1.557^k,925	1.738^k,13
Scorie { bien calcinée. . . .	25.373^k	25.329^k	24.915^k	26.114^k
Scorie { à repasser.	25	521	35	24

En résumé : minerai passé, 114 tonnes.

(*) *Memoria*, etc., par M. Monasterio.

Mercure recueilli avant de *batir cabezas.*	6.716k,355
Combustible brûlé.	16t,385
Scorie recueillie.	102t,336

Ces quatre opérations ne peuvent pas être prises absolument comme types; la charge y était faite, en effet, sans briquettes de menu et composée seulement de :

Métal.	4t,6	ou	16,14 %
China.	17t,0	ou	57,65 %
Solera.	6t,9	ou	24,21 %
	28t,5		100

La scorie représente 89,768 p. 100 de la charge; la différence 10,232 p. 100 représentait donc l'ensemble de toutes les matières volatiles (mercure, soufre, eau, matières bitumineuses, etc.).

Les poussières de ces quatre opérations ont été lavées avec soin, et ont encore fourni 1.791k,725 de mercure, ce qui donne 8.508k,080 comme produit direct, en mercure, pour les quatre opérations, ou en moyenne 2.127 kilog. pour chacune.

Ce chiffre est un peu faible, en raison même de l'absence des menus riches dans la composition de la charge; la moyenne de 66 opérations faites dans l'hiver de 1875-76 a donné par opération 2.508k,928 de métal.

Les résidus des poussières lavées, dans les quatre opérations déjà citées pesaient 1.993k,340, savoir :

Résidus des 1res chambres.	970k,4
— 2es —	325 ,3
— 3es —	311 ,0
— 4es —	94 ,8
— 5es —	95 ,92
— 6es —	91 ,92
— canaux.	104 ,00
	1.993k,34

Ces résidus lavés tenaient environ 10 p. 100 d'eau; secs,

ils pesaient donc 1.794 kilog. Voici, d'ailleurs, quelles étaient leurs teneurs en mercure :

	ANALYSE de l'école des mines de Madrid.	ANALYSE du laboratoire d'Almaden.
	teneur p. 100.	teneur p. 100.
Résidus des 1res chambres......	44,20	43,80
— 2es —	21,70	21,50
— 3es —	14,42	13,90
— 4es —	12,16	11,96
— 5es —	15,07	14,90
— 6es —	13,50	13,02
— des canaux.........	12,16	12,19

D'où résulte que les 1.993k,34 de résidus contenaient encore :

Résidus des 1res chambres......	386k,026
— 2es —	63 ,531
— 3es —	40 ,362
— 4es —	10 ,375
— 5es —	13 ,009
— 6es —	11 ,168
— canaux.........	11 ,409
	535k,880

de mercure, en regardant comme plus rapproché de la vérité celui des deux essais qui indique la teneur la plus forte.

Ainsi donc, le produit total des quatre opérations a été :

1)	Mercure recueilli dans le bassin.......	6.716k,355
2)	Mercure provenant des poussières.......	1.791 ,725
3)	Mercure encore contenu dans les poussières lavées.....................	535 ,880
		9.043k,960

provenant de 114.000 kilog. de mercure, savoir :

CLASSES.	QUANTITÉS.	TENEUR.	MERCURE CONTENU.
	kilog.	p. 100.	kilog.
Métal et china 1re	21.080	25,00	5.270,000
China 2e	9.840	17,06	1.678.704
China 3e	8.920	14,66	1.307,672
China 4e	3.160	8,88	280,608
China 5e	4.480	4,99	223,552
China 6e	5.400	2,46	132,840
China 7e	33.520	1,05	351,960
Solera	27.600	0,80	220,800
	114.000	8,30 en moyenne.	9.466,136

Mais des 9.043k,96 de mercure recueilli, 533k,88 sont encore mélangés d'impuretés. En admettant que le traitement ultérieur de ces résidus ne rende que 80 p. 100 du mercure contenu, ils ne fourniraient plus que 428k,704. Le produit total et définitif des quatre opérations peut donc s'estimer à

1)	Mercure du bassin	6,716k,355
2)	Mercure des poussières	1.791 ,725
3)	Mercure tiré des résidus	428 ,704
		8.936k,784

ou 7,84 p. 100 du minerai traité, au lieu de 8,30 p. 100 qu'indiquent comme teneur moyenne les essais des diverses classes de minerais.

Ainsi le mercure contenu est de	9.466k,136
Le mercure retiré est de	8.936 ,784
Perte	529k,352

La perte n'est que de 0,464 p. 100 du minerai traité, ou 5,59 p. 100 du minerai contenu.

Voici maintenant quelles ont été, pour ces opérations, les dépenses en main-d'œuvre et en matières :

Main-d'œuvre. — Par opération :

Chargement.	5 journées à		2f,00	10f,00
Entretien du feu	1	—	2 ,00	2 ,00
Lutage.	1	—	1 ,25	1 ,25
Déchargement.	5	—	2 ,00	10 ,00
Remuage de la braise. . .	1	—	1 ,00	1 ,00
Examen de la scorie. . . .	4	—	0 ,50	2 ,00
Nettoyage des chambres.	6	—	0 ,50	3 ,00
Pesage des scories.	4	—	0 ,50	2 ,00
				31f,25

ou, pour les quatre opérations.				125f,00
Nettoyage des chambres. .	3 journées à		1f,000	9 ,375
	6	—	0 ,830	
	3	—	0 ,625	
Extraction des scories à 7f,25 par opération.				29 ,00
Extraction des poussières. .	46 journées ou fractions de j.			29 ,25
Batido de cabezas (lavage des poussières).	23	—	—	13 ,25
Pesage des minerais.				58 ,95
				264f,82
Combustible. — A forfait à 27f,50 l'opération.				110 ,00
				374f,82

ou, par opération, 93f,45.

Ce chiffre est même plus fort dans l'exemple choisi qu'il ne l'est ordinairement. On ne pèse pas d'ordinaire le minerai, ni la scorie. On économise donc de ce chef 60 francs. D'autre part, certains prix ont changé; le combustible coûte maintenant 42f,50 par opération au lieu de 27f,50.

Les frais d'entretien des fours sont très-faibles; ils ont été au début, en 1806, solidement construits et n'exigent que de faibles réparations. C'est les évaluer haut que de les estimer à 30 francs par four et par opération.

On peut donc compter aujourd'hui sur les frais suivants :

Main-d'œuvre.	51f,00
Combustible.	42 ,50
Entretien.	30 ,00
	123f,50 par opération.

ou par tonne de minerai traité :

$$\frac{123,50}{28,500} = 4^{f},33.$$

Le prix du traitement est donc à peu près le même qu'au four Bustamante.

Nous aurons à revenir plus loin sur l'élément essentiel du prix de revient véritable, la perte de mercure.

Essayons maintenant d'établir le prix de revient complet de la tonne de mercure à l'usine d'Almaden, en laissant d'abord de côté les frais généraux et la valeur du minerai. Le tableau suivant des dépenses de l'usine dans l'année 1873-1874 nous permettra d'arriver à une évaluation suffisamment approchée.

(a) Main-d'œuvre.	Sommes en francs.	
Chargement et déchargement. . . .	12.026,00	26.521,95
Extraction des scories.	7.478,16	
Réparation des fours.	3.573,79	
Lutage des joints et portes.	3.444,00	
Surveillance.	12.054,26	78.644,93
Ouvriers.	47.204,20	
Maçons.	516,00	
Manipulations du magasin.	5.243,13	
Surveillance des outils.	964,50	
Gardiens.	912,50	
Factorerie.	8.923,00	
Déchargement de charrettes.	2.596,20	
Lavage.	31,50	
Charpentiers.	199,12	
		105,266,88
Construction de 2 paires de fours Bustamante.. . .		18.730f,55

(b) Matières.	francs.
Sable, argile, etc.	9.800,00
Aludels.	4.618,71
Combustible.	29.162,95
Chaux.	25.453,50
Ciment de Portland.	127,25
A reporter.	69.162,41

	francs.
Report.	69.162,41
Houille.	1.226,22
Cendres.	159,75
Sparte	2.578,42
Balais.	66,00
Bouteilles en fer (*frascos*).	60.000,00
Fer pour outils.	263,20
Briques, tuiles.	20.492,83
Divers.	259,29
	154.308,12

La production a été, en 1873-74, de 976t,104.

Total des dépenses de l'année, en y comprenant les frais d'établissement des nouveaux fours, 278,205f,55, ou, par tonne de mercure, environ 285 francs.

On voit que les frais spéciaux du traitement métallurgique ne forment qu'une assez faible partie de la dépense et qu'une somme considérable doit être comptée pour l'envasement. La production annuelle est en effet de 32.000 à 36.000 frascos de mercure. Chaque bouteille revenant à 6 francs, on voit qu'on devrait normalement compter 192.000 à 216.000 francs par an pour le seul achat des bouteilles.

C'est ce qui explique que, dans les cinq dernières années, l'ensemble des dépenses de l'usine de distillation ait été :

En 1870-71 de.	386.310f,54
1871-72 de.	395.300 ,64
1872-73 de.	258.449 ,62
1873-74 de.	278.205 ,55
1874-75 de.	417.102 ,35

pour les quantités suivantes de minerai traité et de mercure produit :

ANNÉES.	MINERAI TRAITÉ.	MERCURE PRODUIT.
	tonnes.	tonnes.
1870-71.	15.867	1.185,007
1871-72.	15.835	1.135,045
1872-73.	16.094	1.155,280
1873-74.	16.379	976,104
1874-75.	18.815	1.264,355

Ce qui donne par tonne de mercure produit les frais suivants :

1870-71.	325f,90
1871-72.	348 ,40
1872-73.	223 ,70
1873-74.	285 ,00
1874-75.	329 ,90

et par tonne de minerai traité :

Année 1870-71.	24f,35
— 1871-72.	24 ,97
— 1872-73.	16 ,07
— 1873-74.	16 ,98
— 1874-75.	22 ,17

En résumé, les frais de toute nature, particuliers à l'usine, peuvent s'établir en moyenne aux chiffres suivants :

Dépenses spéciales de distillation.	45 à 60f	par tonne de mercure.
Mise en bouteilles et achat de bouteilles.	170 à 180f	—
Frais à répartir (triage des minerais, etc., etc.).	50 à 100f	—
	265 à 340f	

Il faut ajouter à ces chiffres, pour avoir le coût définitif de la tonne de mercure, prête à être vendue, les frais généraux d'administration et les frais d'extraction du minerai.

Les frais d'exploitation s'élèvent, par tonne de minerai, à des chiffres variant depuis 50 jusqu'à 70 francs.

Aujourd'hui, toutefois, en raison de l'augmentation de la production des mines depuis quelques années, et surtout des améliorations considérables apportées aux installations de la mine, il tend à s'établir près du premier chiffre, 50 francs; nous admettons 55 francs comme prix de revient la tonne de minerai rendant 7 à 7,50 p. 100.

Les frais généraux de direction et d'administration de l'ensemble des établissements d'Almaden atteignent natu-

rellement un chiffre élevé, et c'est, en définitive, une assez faible quantité de mercure qui doit les supporter.

Aussi grèvent-ils la tonne de métal de la manière suivante :

NATURE DES DÉPENSES.	1870-71.	1871-72.	1872-73.	1873-74.	1874-75.
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
Personnel.	100,90	114,60	109,60	128,00	105,50
Frais de bureau.	4,20	4,40	4,20	4,20	3,60
Ateliers.	13,60	14,10	25,60	32,10	23,00
Hôpital et chapelle. . .	20,90	22,60	16,70	22,10	17,00
Domaine de Castilseras.	17,60	14,60	14,60	17,40	12,70
Divers.	0,30	0,20	1,50	1,50	0,00
	166,50	170,20	172,20	204,60	161,80

Ainsi le prix définitif de la tonne de minerai, tous frais compris, oscille entre les chiffres suivants :

Frais généraux.	160f	à	200f
Minerai.	700	...	900
Distillation.	45	...	60
Mise en bouteilles.	170	...	180
Frais à répartir.	50	...	100
	1125f	à	1440f

Voir d'ailleurs, pour les variations de ce prix de revient, les tableaux placés à la fin du présent travail.

III. — Pertes du traitement.

En raison de la haute valeur du mercure, l'élément essentiel pour juger de la valeur de tel ou tel procédé métallurgique n'est pas le chiffre un peu plus ou un peu moins élevé des frais de traitement spéciaux : ces frais sont toujours très-faibles par rapport à la valeur créée, du moins lorsqu'il s'agit d'un minerai riche, comme celui d'Almaden. La perte sur le mercure contenu a une importance bien supérieure. Nous avons dit que la tonne de minerai con-

tenant en moyenne 8,30 p. 100 de métal, 83 kilog. par conséquent, en rend 78k,40. Si la perte s'élevait à 10 p. 100 seulement de mercure contenu, elle ne rendrait plus que 74k,7, et le prix de revient de la tonne de mercure s'élèverait dans le rapport de 78,4 à 74,7; au lieu d'être en moyenne de 1.200 à 1.400 francs, il serait compris entre 1.259 et 1.469 francs : l'augmentation serait donc supérieure aux frais seuls de la distillation proprement dite.

La métallurgie du mercure à Almaden est bien loin, sous ce rapport, de présenter l'infériorité qu'on lui attribue généralement sur la foi de quelques auteurs dont les assertions ont été répétées partout sans contrôle. Ces assertions ont toujours péché par la base : on faisait bien, il est vrai, un grand nombre d'essais pour arriver à la détermination de la richesse du minerai, mais, semble-t-il, sans songer jamais à procéder de telle manière que la prise d'essai représentât le moins du monde le tas de minerai dont il s'agissait de connaître la teneur. On sait, en effet, avec quelle facilité un chimiste, un ingénieur peu exercés à cette opération toute spéciale de la prise d'essai, se laissent aller à prendre dans un tas de minerai les morceaux les plus riches : on ne peut arriver à des résultats comparables qu'en employant toutes les précautions des fondeurs anglais de Swansea, ou des fondeurs allemands de Freiberg, la mise en tas régulière, la division du tas en plusieurs autres, et une série de divisions systématiquement ordonnées.

On était donc arrivé, par des procédés extrêmement défectueux, à la conclusion absolument fausse que le minerai d'Almaden tenait en moyenne 14 p. 100 de mercure; comme d'ailleurs on ne pesait ni les matières employées à chaque charge, ni les scories retirées du four une fois la calcination terminée, le contrôle était à peu près impossible. On était, par suite, forcément amené à la conclusion que l'on perdait dans le traitement au moins 30 ou 40

p. 100 du mercure contenu ; MM. Fernando Bernaldez et Ramon Rua Figueroa, dans un mémoire imprimé, en 1861, par ordre royal, déclarèrent que la perte était de 53,40 p. 100 du mercure contenu au four d'Idria, et de 49,82 p. 100 au four Bustamante. D'autres ingénieurs, comme M. Salazar, admettaient le chiffre, tout aussi arbitraire, de 30 p. 100, par analogie avec les résultats connus à Idria.

On regardait, comme non moins incontestable, que le chiffre des pertes devait être un peu plus élevé aux fours à aludels qu'aux fours à chambres ; ceux-ci, en effet, étaient plus récents, et, par suite, devaient être préférables. Une longue expérience semblait cependant montrer qu'il n'en était rien, et indiquer une légère supériorité du four ancien ; les chiffres de MM. Bernaldez et Rua Figueroa, sans valeur absolue, ont assurément quelque valeur relative.

Admettant une perte de 30 à 50 p. 100 de mercure, voici par quels défauts de l'appareil on prétendait expliquer cette perte.

1° *Four proprement dit.* — La cheminée placée au-dessus de l'*atizadero*, par laquelle doivent s'échapper les gaz brûlés et la fumée du bois, crée un tirage inverse de celui qui force le courant de vapeurs mercurielles à passer à travers les aludels ou les chambres de condensation ; il peut arriver que ces vapeurs soient aspirées dans le foyer et se perdent ainsi par la cheminée d'avant. La grille en briques et la couche de minerai pauvre dont on recouvre cette grille ne suffisent pas toujours pour empêcher la chute de fragments de minerai dans le foyer. Les parois du four ne sont pas imperméables.

2° Les aludels ne forment qu'une conduite mal jointe, quoique lutée ; leurs parois, un peu épaisses, sont mauvaises conductrices de la chaleur et se refroidissent mal au contact de l'air extérieur, de manière que la condensation peut s'y faire assez médiocrement. Ces aludels ex-

posés à toutes les intempéries de l'air, et à de fréquentes variations de température, se brisent facilement, ou du moins se fendent pendant l'opération et donnent ainsi naissance à des fuites.

3° La condensation n'est pas terminée lorsque les vapeurs sortent par les cheminées; celles-ci sont censées déverser dans l'atmosphère des torrents de gaz qui entraîneraient une énorme quantité de mercure.

Toutes ces observations ne sont assurément pas dénuées de tout fondement; mais on a bien exagéré l'influence de tous ces petits défauts.

En fait, le tirage au four Bustamante, aussi bien qu'au four d'Idria, s'établit avec une grande régularité; le refoulement des vapeurs dans le foyer et leur sortie par la cheminée ou par la porte de chargement est un fait accidentel et assurément très-rare. La chute du minerai dans le foyer ne se produit pas davantage : elle pourrait sans doute avoir quelque importance si le minerai était menu ou friable, mais il n'en est rien.

La non-imperméabilité des joints des aludels est aussi moins grande qu'on ne le dit : rien ne serait plus facile, d'ailleurs, si les joints étaient réellement la cause d'une perte considérable, que d'y remédier par un lutage plus soigné.

La rupture des aludels au cours des opérations est assez rare. Si l'on en casse, c'est plutôt dans l'opération de nettoyage des allonges, et alors leur contenu n'est pas perdu.

La condensation se fait-elle d'une manière suffisante soit dans les aludels, soit dans les chambres? Si elle se fait mal, on devra assurément trouver des vapeurs mercurielles dans les gaz qui s'échappent par les cheminées extrêmes. M. Lucas de Aldana, aujourd'hui inspecteur général des mines, a fait, en 1851, une série d'expériences à ce sujet; il recherchait les vapeurs mercurielles en plaçant une feuille d'or à la partie supérieure des cheminées.

Or voici le compte rendu de ses expériences (*Revista minera*, t. II, p. 378).

La feuille d'or placée pendant 12 heures, à la fin du 2e jour de travail, sur la cheminée extrême d'un four Bustamante, n'a présenté, après ces 12 heures, qu'un dépôt de gouttelettes d'eau condensée.

Après 32 heures de la période de brasa, et 24 de refroidissement, la feuille d'or présentait une tache blanche au centre.

Après 16 heures de la période de refroidissement, rien.

Après 24 heures, période de brasa, sur le plus mauvais des fours, taches peu étendues.

Après 25 heures, une autre fois, traces légères.

Après 94 heures, amalgamation sensible.

Que prouvent ces expériences? Qu'il y a amalgamation de la feuille d'or, par suite perte de mercure, soit. Que cette perte soit élevée, non. Si la perte était de 30 p. 100, il s'échapperait dans une opération, par les deux cheminées, environ 350 kilog. de mercure; réduisons même ce chiffre à moitié, en admettant que la moitié se perde par des fuites, ce seraient encore 87k,5 qui s'échapperaient par chacune des cheminées pendant les deux périodes de feu et de brasa : les indices d'amalgation constatés semblent peu de chose pour une feuille d'or de 1 décimètre carré sur laquelle auraient passé 87k,5 de vapeurs mercurielles.

Ces expériences ont encore montré que l'amalgamation semblait plus difficile, en présence de la vapeur d'eau.

Toutes ces considérations contraires nous laisseraient dans une complète indécision sans les expériences précises auxquelles nous avons déjà fait allusion. Nous croyons convenable, pour montrer dans quelles conditions d'exactitude ces expériences ont été faites, d'en raconter brièvement l'histoire.

Un ingénieur français, M. Émile Pellet, avait présenté au conseil des mines (*Junta de minas*), en 1867, le projet

d'un nouveau four pour la distillation du minerai de mercure. Le conseil émit, le 10 avril 1867, un avis favorable à l'essai du système Pellet; l'ordre royal fut donné le 5 juin de la même année. On construisit le four Pellet en 1868, et les expériences se firent au commencement de 1869.

Voici les principes de la méthode nouvelle : 1° La calcination y est continue; le combustible est du coke mélangé au minerai par minces couches alternatives. 2° La condensation se fait dans cinq chambres dont les quatre dernières sont divisées en deux compartiments par une cloison médiane percée de trous. Dans ces chambres tombe une pluie continue d'eau fraîche. Le fond est couvert d'une couche d'eau qui, normalement, isole chaque chambre de la précédente; les vapeurs ne peuvent passer de l'une dans l'autre que si la couche d'eau est agitée de manière à démasquer l'ouverture. Cette agitation est produite par l'action d'un ventilateur qui aspire les gaz et les vapeurs.

La consommation d'eau, considérable pour un établissement qui n'a à sa disposition que l'eau extraite de la mine, la nécessité d'un personnel constamment occupé au chargement et au déchargement, la nécessité d'un moteur pour le ventilateur, le soin à apporter à la surveillance du niveau de l'eau dans les chambres, l'impossibilité de remédier à des accidents graves sans laisser d'abord refroidir le four; la difficulté enfin de passer les menus étaient assurément des inconvénients graves du nouveau système; on aurait toutefois passé outre sans hésitation, si le four avait pu réaliser les espérances de son inventeur : suppression absolue ou, au moins, presque complète des pertes de mercure, économie dans les frais de traitement, suppression des vapeurs mercurielles si nuisibles pour la santé des ouvriers.

En cas de réussite, M. Pellet demandait qu'on lui

donnât comme rétribution le bénéfice résultant de l'application de son système pendant une année, bénéfice évalué à 3.730.000 francs. Les essais furent commencés le 4 avril 1869 sous la direction de M. Monasterio, inspecteur général des mines, directeur de l'École des mines de Madrid.

M. Pellet fit d'abord un essai préliminaire sur 55 tonnes de minerai; 54.952 kilog. de minerai contenant, d'après les essais au laboratoire, 4.501k,523 de mercure donnèrent :

Par distillation directe.	2.399k,10
Batido de cabezas.	508 ,20
80 °/0 du mercure des résidus	348 ,54
	3.255k,84

Perte 1.245k,677, soit 2,266 p. 100 du minerai traité ou 27,672 p. 100 du mercure contenu.

On procéda alors à un essai comparatif entre le four Pellet et un four d'Idria. Les résultats de cet essai sont d'un haut intérêt, non pas tant pour le four Pellet, dont il n'est plus question aujourd'hui, que pour le four d'Idria, toujours en usage. Pour donner à M. Pellet toutes les garanties d'équité et d'impartialité qu'il pouvait désirer, M. Monasterio prit les dispositions suivantes qui furent exactement observées :

Les minerais divisés en 10 classes restèrent exposés à l'air, à la disposition de M. Pellet, pour toutes observations qu'il lui conviendrait de faire, pendant tout le mois d'avril. M. Pellet se déclara entièrement satisfait de la classification.

Les deux fours essayés furent chacun séparés par une enceinte, de manière à permettre un contrôle exact des matières. — Trois surveillants de jour et trois de nuit. — Pesage exact des charges, identiques pour les deux fours comme poids et comme teneur. — Prise d'essai soignée de chaque pesée, faite concurremment par un des ingénieurs et par M. Pellet. — Pesée exacte de tous les produits. —

interdiction de tout travail étranger au voisinage des deux fours en expérience.

M. Pellet lui-même reconnaissait les sentiments élevés de justice de M. Monasterio; le caractère de celui-ci était une garantie de plus pour la parfaite impartialité apportée à l'expérience.

Les résultats obtenus au four d'Idria ont été donnés plus haut. Nous rappellerons seulement que la perte définitive de mercure n'a pas dépassé 5,59 p. 100 du mercure contenu.

Le four Pellet donna, pour 114 tonnes de minerai d'une teneur de 8,30 p. 100, contenant 9.466k,136 de mercure :

Mercure entré directement au magasin. . . .	7.664k,55
80 % du mercure des résidus.	470 ,714
	8.135k,264

Perte 1.330k,872, soit 1,16 % du minerai et 14,05 % du mercure contenu.

Les frais du traitement des 114 tonnes de minerai ont été :

Au four d'Idria, de 371f,80;
Au four Pellet, de 1.518f,60.

Le four Pellet était bien inférieur aussi au four d'Idria au point de vue de l'hygiène : 35 ouvriers tombèrent malades, atteints d'ulcérations à la bouche, premier effet des vapeurs mercurielles, dans le courant de mai et de juin 1869, au service du nouveau four.

Condamné une première fois, M. Pellet ne se tint pas pour battu; malgré la dépense considérable occasionnée par la première expérience, malgré l'inutilité de tentatives destinées à empêcher une perte qui n'existe pas, il obtint qu'on fît en, en 1872, une nouvelle série d'essais comparatifs, sous la direction de MM. Luis de la Escosura, inspecteur général des mines, et Federico de Botella, ingénieur en chef.

Les essais eurent deux buts : d'abord juger de la valeur du système Pellet, qui fut, encore une fois, et cette fois-ci irrévocablement, condamné, puis étudier pour eux-mêmes les traitements au four d'Idria et au four Bustamante.

Les détails de ces essais ne m'ont pas été communiqués, ils feront l'objet d'une prochaine publication de M. Luis de la Escosura ; je sais seulement qu'ils ont été faits avec un soin minutieux pour déterminer le plus exactement possible la teneur des charges, leur poids, le poids des produits de toutes natures, qu'on a déterminé avec précision la température des gaz et la vitesse du courant à différents points de l'appareil entier, enfin que les pertes du traitement ont été trouvées de 5 1/2 p. 100 pour le four d'Idria, de 4,95 p. 100 pour le four Bustamante.

Ce dernier chiffre ne représente pas, il est vrai, la perte véritable dans les opérations courantes : il a été obtenu dans des expériences, partant dans des conditions de soin toutes particulières ; mais il indique ce que l'on peut, ce que l'on doit demander au four Bustamante, sans d'ailleurs modifier quoi que ce soit au traitement ni au four.

Faute de pouvoir raisonner sur les chiffres des essais de 1872, revenons encore une à fois ceux obtenus en 1869 par M. Monasterio. Nous pouvons arriver avec lui à déduire de ces chiffres, non pas seulement la perte du traitement métallurgique par rapport aux essais docimastiques, mais aussi, par une sorte de synthèse, la perte par rapport à tout le mercure réellement contenu dans le minerai.

Voici de quelle manière :

Le minerai est un quartzite plus ou moins imprégné, ou un schiste plus ou moins moucheté de cinabre. Il contient des parties charbonneuses (dans le schiste et le quartzite noir), un peu de pyrite de fer, de mercure natif,

de mercure corné. Selon la manière dont ces substances se comportent au grillage, on peut les diviser en substances fixes et substances volatiles (mercure, soufre, eau, etc.).

Le résidu de la calcination au four d'Idria a donné pour 114.000 kilogrammes de minerai, 102.336 kilogrammes de scories, ou 89,768 p. 100 de matières fixes et 10,232 p. 100 de matières volatiles.

Or si, dans les essais au laboratoire, la détermination de la richesse en mercure est difficile à obtenir avec une très-grande précision, il n'en est pas de même du poids des matières fixes, et nous pourrons de ce dernier poids déduire celui de matières volatiles.

Nous négligerons pour ce calcul la présence possible d'une petite quantité de mercure natif et de chlorure de mercure; nous admettons que tout le soufre se dégage à l'état d'acide sulfureux; nous ne tiendrons compte non plus ni du soufre des pyrites de fer, partiellement remplacé par de l'oxygène pendant le grillage, ni du charbon des minerais : ces deux dernières simplifications auront pour unique effet d'augmenter un peu le chiffre que le calcul nous donnera pour le mercure.

Nous supposons donc, en somme, un minerai réduit à ces éléments essentiels :

Matière fixe, cinabre, eau.

On ne peut faire abstraction de l'eau qui se trouve déjà dans le minerai sortant de la mine et que l'exposition à l'air, en hiver et par des temps pluvieux, ne peut qu'augmenter. Le mémoire de MM. Bernaldez et Figueroa donne à ce sujet les chiffres suivants :

	Teneur en eau.
Métal et china de 1re classe.	0,08 %
China de 2e classe.	0,08
China de 3e classe.	0,15
China de 4e classe.	0,20
China de 5e classe.	0,25
China de 6e classe.	0,50
China de 7e classe et solera.	0,70

La proportion d'eau est d'autant plus forte que la teneur en mercure est moindre, parce que les minerais pauvres sont argileux, et partant retiennent mieux l'humidité que les minerais riches, quartziteux.

Maintenant, le grillage des minerais au mouffle, à une température graduellement croissante, avec un fort coup de feu à la fin de l'opération, de manière à expulser les matières volatiles, a donné pour les différentes prises d'essai :

Classes.	Matières fixes.	Matières volatiles.
Métal et china 1re.	70,90	29,10
China 2e.	80,09	19,91
China 3e.	82,75	17,25
China 4e.	89,29	10,71
China 5e.	93,40	6,60
China 6e.	96,00	4,00
China 7e.	97,35	2,65
Solera.	97,60	2,40

Si nous retranchons du chiffre des matières volatiles le chiffre donné tout à l'heure pour l'eau, il nous reste pour teneur en sulfure de mercure :

	Sulfure de mercure.
Métal et china 1re.	29,02
China 2e.	19,83
China 3e.	17,10
China 4e.	10,51
China 5e.	6,35
China 6e.	3,50
China 7e.	1,95
Solera.	1,70

Et comme le sulfure de mercure contient 86,29 p. 100 de mercure et 13,61 p. 100 de soufre, les différentes classes de minerai contiennent :

Métal et china 1re classe. . . .	25,04	Tandis que les essais au laboratoire ont donné :	25,00
China 2e classe.	17,11		17,06
China 3e classe.	14,75		14,66
China 4e classe.	9,07		8,88
China 5e classe.	5,48		4,99
China 6e classe.	3,02		2,46
China 7e classe.	1,68		1,03
Solera.	1,46		0,80

Nous reviendrons dans un instant sur ces derniers chiffres pour en tirer quelques conséquences au point de vue des essais de cinabre au laboratoire.

Calculons maintenant d'après les chiffres précédents, la composition complète des 114.000 kilogrammes employés à l'expérience en question. Nous trouvons ainsi :

QUANTITÉS TRAITÉES.		POIDS DE MATIÈRES CONTENUES.			
		Matières fixes.	Eau.	Soufre.	Mercure.
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
1re classe. .	21.080	14.945,72	16,864	383,984	5.728,432
2e classe. . .	9.840	7.880,856	7,872	267,648	1.683,624
3e classe. . .	8.920	7.381,300	13,380	209,620	1.315,700
4e classe. . .	3.160	2.821,564	6,320	45,504	286,612
5e classe. . .	4.480	4.184,320	11,200	38,976	245,504
6e classe. . .	5.400	5.184,000	27,000	25,920	163,080
7e classe. . .	33.520	32.631,72	234,640	90,504	563,136
Solera. . . .	27.600	26.937,60	193,200	66,240	402,960
Totaux. .	114.000	101.967,08	510,476	1.583,396	9.939,048

L'opération industrielle a donné un résidu de 102.336 kilogrammes de scories, $368^k,92$ de plus par conséquent que n'indique le calcul.

Proportion de la scorie recueillie. . . 89,768 %
— calculée. . . . . 89,444 —

En admettant même la plus parfaite exactitude de la pesée des scories, on pourrait expliquer cette différence bien faible par quelque peu de mercure retenu dans la scorie. Nous pouvons donc, sans craindre de nous tromper en moins, prendre

le chiffre de 9.939ᵏ,048 comme représentant le maximum du mercure contenu dans les 114 tonnes de minerai. La perte aux essais serait donc au plus de 0,41 p. 100 de minerai ou de 4,75 p. 100 du mercure contenu. Enfin la perte du traitement métallurgique serait de 1.002ᵏ,264 sur 9.939.048 contenus ou 10.08 p. 100 au maximum. C'est d'ailleurs le chiffre de la perte sur la teneur déterminée par les essais, ici 5,59 p. 100, qu'il y a véritablement lieu de prendre en considération dans une opération industrielle.

Revenons un instant sur les teneurs accusées par les essais au laboratoire pour les comparer aux résultats du calcul précédent. Le tableau suivant donne la perte absolue et la perte relative aux essais : nous ne devons pas oublier d'ailleurs que ces chiffres sont des maximums.

	TENEUR DE MINERAI POUR 100 PARTIES.				DIFFÉRENCE ou perte à l'essai	
	calculée.	Essai A.	Essai B.	Valeur prise comme la plus exacte.	absolue.	p. 100 de mercure contenu.
1ʳᵉ classe.	25,04	25,00	24,95	25,00	0,04	0,160
2ᵉ classe.	17,11	16,99	17,06	17,06	0,05	0,299
3ᵉ classe.	14,75	14,60	14,66	14,66	0,09	0,610
4ᵉ classe.	9,07	8,84	8,88	8,88	0,19	[illegible]
5ᵉ classe.	5,48	4,99	4,92	4,99	0,49	8,941
6ᵉ classe.	3,02	2,39	2,46	2,46	0,56	18,543
7ᵉ classe.	1,68	0,94	1,05	1,05	0,63	37,500
Solera.	1,46	0,51	0,80	0,80	0,66	45,205

L'essai A a été fait au laboratoire d'essai de l'École des mines de Madrid; la méthode employée a été la distillation du minerai mélangé avec de la limaille de fer. L'essai B a été fait au laboratoire d'Almaden, par mélange du minerai avec son volume de chaux vive et le dixième de son volume de carbonate de soude. Les chiffres de la quatrième colonne résultent des deux précédents. On a pris toujours le chiffre le plus fort comme devant plus s'approcher de la vérité. La cinquième et la sixième colonne montrent que les pertes,

absolues aussi bien que relatives, vont en croissant à mesure que la richesse du minerai essayé va en diminuant. Ce résultat concorde avec celui des expériences de M. Glowaky à Idria, citées par M. Huyot dans un mémoire inséré aux *Annales des mines*, en 1854 (5ᵉ série, tome V), et, plus généralement avec les résultats de tous les essais, qui donnent des teneurs de plus en plus inexactes à mesure que les minerais sont plus pauvres.

Les raisonnements qui mènent à cette conclusion sont, il est vrai, peu probants pour les minerais pauvres, qui peuvent contenir des matières volatiles autres que le soufre, le mercure et l'eau, en quantités qui ne sont plus négligeables par rapport à la faible quantité de mercure que contiennent ces minerais.

Sans donc vouloir donner à cette discussion une portée qu'elle n'a pas en réalité, nous nous bornerons à répéter, pour la résumer :

1° Que la teneur moyenne du minerai d'Almaden ne dépasse pas 8 à 9 p. 100;

2° Que la perte sur le mercure indiqué par les essais ne dépasse pas 6 p. 100 au four d'Idria, ni 5 p. 100 au four Bustamante ;

3° Que la perte sur le mercure contenu, en calculant celui-ci au chiffre le plus élevé, ne dépasse pas 10 p. 100, et, comme conclusion :

4° Que les appareils en usage à Almaden, assurément moins irrationnels qu'on n'a voulu le dire, ne présentent pas à un haut degré les défauts qu'on leur a prêtés, ou qu'on a beaucoup exagérés, et que, conduits avec soin, ils donnent, pour un minerai riche, d'excellents résultats.

Est-ce à dire, pour cela, qu'on doive renoncer à les améliorer, ou que d'autres usines, comme Idria, aient obéi à un préjugé en les abandonnant depuis longtemps? Nous

ne le pensons pas. La différence dans la nature des minerais traités à Idria ou en Californie peut suffire pour expliquer la différence des résultats obtenus et l'abandon des appareils d'Almaden à Idria et ailleurs.

En présence du revirement actuel de l'opinion des ingénieurs, en Espagne, sur les procédés d'Almaden, il est certain qu'il s'écoulera un temps assez long avant qu'on songe à introduire quelque innovation d'une portée considérable; les dépenses élevées, causées par les expériences relatives au système Pellet, ont aussi enlevé pour assez longtemps toute envie de faire de nouveaux essais. On ne s'en préoccupe pas moins des améliorations qu'on pourrait avoir un jour à introduire dans le traitement.

Voici quels principes M. Monasterio aurait été d'avis d'appliquer, le cas échéant, à la solution du problème :

1° Calcination continue;

2° Séparation absolue des gaz du foyer et de ceux provenant du minerai;

3° Condensation à l'aide de l'eau, dans des tubes en fer garnis intérieurement de manière à les protéger contre l'action de l'acide sulfurique, et baignés extérieurement dans l'eau;

4° Tirage artificiel;

5° Traitement séparé des résidus, dans des cornues de fonte ou de terre.

Peut-être appliquera-t-on plus tard quelques-unes des idées de M. Monasterio, lorsqu'on connaîtra suffisamment, à Almaden, les résultats des procédés en usage en Amérique, dont on se préoccupe vivement. Mais il ne saurait entrer dans mon plan de m'étendre longuement sur ces réformes, qui n'existent pas même à l'état de projets, et dont l'essai, par conséquent, ne se fera pas de longtemps.

QUATRIÈME PARTIE.

ADMINISTRATION ET HISTORIQUE DES MINES ET USINES.

I. — Administration.

Il nous reste, pour terminer cet exposé de la situation actuelle des mines et usines d'Almaden, à indiquer l'organisation des services généraux de l'établissement.

La direction technique, ou, comme on dit en Espagne, *facultative*, appartient, sous le contrôle du Conseil des mines, à un certain nombre, actuellement à quatre ingénieurs du corps des mines. Le plus ancien a le titre de directeur; des trois autres, l'un est chargé des filons San Francisco et San Nicolas, l'autre de San Pedro y San Diego, ainsi que des ateliers, le troisième de l'usine, et, en même temps, de la direction de l'École des maîtres-mineurs d'Almaden.

Chaque ingénieur a sous ses ordres un certain nombre de *capataces* (maîtres-mineurs). Pour la mine, il portent le nom d'*officiales* et d'*ayudantes de mina*. Ils sont soumis à une hiérarchie rigoureuse; ils viennent du corps des boiseurs, où ils entrent après trois années d'études à l'école d'Almaden. Pour l'usine, ils s'appellent *officiales* et *ayudantes de destilacion;* ils viennent du corps des *auxiliaires de distillation* dont la fonction est la préparation des charges; le corps des *auxiliaires*, lui-même, se recrute parmi les élèves de l'École des maîtres-mineurs; comme les surveillants de la mine, ils ont alternativement sept jours de service et sept jours de liberté.

La comptabilité, réglée sur le modèle des autres comptabilités de l'État, est confiée à un *interventor principal* ou

contador, assisté d'un certain nombre de commis. Un trésorier-payeur général est chargé de la caisse.

Le chef supérieur des mines a le nom de surintendant : ce doit être un *brigadier* (c'est-à-dire un général de brigade) de l'artillerie ou du génie. Il est juge suprême en matière technique, de comptabilité, d'administration ; son autorisation est toujours nécessaire ; il est responsable devant la direction générale des domaines (*Propriedades y Derechos*), direction placée, elle-même, sous les ordres du ministre des finances.

La charge de surintendant avait été supprimée en 1871, et remplacée par l'institution d'un commissaire général près les mines d'Almaden. Ce commissaire était M. Monasterio. Une déplorable émeute amena, le 4 juillet 1874, l'assassinat de M. Monasterio et celui de M. Buceta, ingénieur des mines ; à la suite de ces tragiques événements, la charge de surintendant fut rétablie, le 20 octobre 1874 (*).

Les services des mines et de l'usine se font, les uns à l'entreprise, les autres en régie.

Les travaux à l'entreprise sont, à la mine : l'abatage, la fortification en maçonnerie, les extractions et introduc-

(*) Le 4 juillet 1874, devait se faire le renouvellement des contrats; l'ingénieur D. Isidro Sébastian Buceta présidait la séance publique d'adjudication, quand il fut subitement assailli de toutes parts, et bientôt frappé à mort. Les ouvriers surexcités jusqu'à la folie parcoururent ensuite la ville à la recherche de M. Monasterio, qui ne put parvenir à s'échapper et fut massacré au milieu de la ville. Il payait de sa vie les généreux efforts qu'il avait faits pour l'amélioration des mines dont il avait la haute direction. Tel fut ce drame lugubre, dont les véritables causes n'ont jamais été bien élucidées, et dont les auteurs les plus coupables n'ont pas été punis, faute de preuves; la politique n'y fut sans doute pas étrangère et l'on croit aujourd'hui que cette triste émeute fut fomentée par certains agents socialistes, à l'instar de celle de Carthagène. A la suite de ces événements, l'autorité la plus absolue fut donnée aux ingénieurs sur les ouvriers, qui n'en ont pas moins, dès maintenant, repris une grande liberté.

tions, les transports intérieurs et extérieurs, l'épuisement à bras, la production de vapeur pour la machine de Watt, la réparation d'outils, les achats de bois de soutènement, de chaux, de sable, de briques, de houille, de fer, d'acier, de charbon, de bois de charpente ; à l'usine, la fabrication des aludels, la réparation des fours, l'extraction des scories, la fourniture du combustible pour les fours, les achats de frascos, de fer, de sable, de briques.

Le boisage, la distribution et la surveillance des outils, le service des machines à vapeur, les travaux des ateliers de forge et de charpenterie, à la mine ; le chargement et le déchargement des fours, la calcination des minerais, le lutage des aludels et des portes, le nettoyage des chambres et des aludels, le lavage des poussières ou *cabezas*, à l'usine, se font, au contraire, en régie.

Nous avons déjà signalé précédemment (page 89) par quel moyen les ouvriers arrivent à rendre illusoires les garanties que l'adjudication publique des travaux à l'entreprise semble devoir offrir : nous n'y reviendrons pas.

Les tableaux suivants indiquent le nombre total des ouvriers occupés dans les divers établissements pendant ces dernières années, et la production correspondante. Les chiffres se rapportent chacun à une campagne : la campagne commence le 1er juillet pour finir le 30 juin suivant.

ANNÉES.	NOMBRE D'OUVRIERS OCCUPÉS						
	à la mine				à l'usine.		En tout.
	sous terre.		au jour.				
	Hommes.	Enfants.	Hommes.	Enfants.	Hommes.	Enfants.	
1870-71.	2.297	119	434	179	226	145	3.400
1871-72.	2.382	122	494	184	225	158	3.565
1872-73.	2.441	162	571	219	257	165	3.815
1873-74.	2.030	147	696	213	269	172	3.497
1874-75.	2.133	128	647	211	343	235	3.697

PRODUCTION.		
Années.	Minerai.	Mercure.
	tonnes.	tonnes.
1870-71........	14.654,9	1.185,00
1871-72........	15.527,8	1.135,00
1872-73........	13.509,3	1.155,28
1873-74........	13.714,4	976,10
1874-75........	19.182,6	1.264,00

Le nombre total des ouvriers occupés, rapproché du chiffre de la production, se comprendrait difficilement si nous n'ajoutions quelques explications. C'est que personne n'est occupé d'une manière continue dans aucun des établissements d'Almaden ; suivant les services, les ouvriers travaillent un jour sur deux, un jour sur trois ou même moins ; le reste du temps, ils s'occupent à divers travaux privés. Cette situation est due, en partie, au désir de fournir du travail au plus grand nombre possible d'habitants ; mais elle a une cause beaucoup plus grave, qui ne saurait permettre une organisation différente.

On sait, en effet, combien les émanations mercurielles sont nuisibles à la santé de ceux qui s'y trouvent exposés : elles produisent d'abord le ptyalisme (salivation exagérée), le déchaussement des dents, des ulcères à la bouche ; puis pénètrent peu à peu l'organisme tout entier et donnent naissance à un tremblement particulier auquel un long séjour dans l'établissement d'Almaden ne permet guère d'échapper. Ce tremblement est accompagné d'une déperdition de forces presque complète, et d'un triste affaiblissement de l'intelligence.

L'intermittence du travail permet de combattre, au moins en partie, cette maladie mercurielle, et c'est pour cela, beaucoup plus que par suite d'idées socialistes invétérées, que l'État occupe, à Almaden, un nombre d'ouvriers beaucoup plus grand qu'il ne le faudrait strictement pour l'exécution des divers travaux.

Les ouvriers attaqués par le mercure ont à leur disposition un hôpital établi dans d'excellentes conditions. Ceux dont la constitution a été fortement atteinte par le mal, par suite d'un long séjour dans la mine ou à l'usine, peuvent obtenir la concession d'une certaine étendue de terrain à cultiver dans un domaine de 7.000 hectares, nommé domaine de Castilseras, qui dépend de l'établissement d'Almaden. Ce domaine ne rapporte rien, ou peu de chose, et les frais d'entretien viennent grever d'autant le prix de revient du mercure.

Les services financiers se sont simplifiés, depuis 1870, par suite d'un traité conclu entre le trésor et la maison Rotschild.

Pour garantir et rembourser un prêt de 42 millions de piécettes (la piécette a sensiblement la valeur du franc) consenti, en 1870, par la maison Rothschild, et remboursable en trente annuités de 3.750.000 francs, le gouvernement lui concéda le monopole de l'achat des produits des mines d'Almaden aux conditions suivantes :

Le gouvernement espagnol s'engageait à livrer, chaque année, au moins 32.000 frascos (bouteilles de $34^{k},507$ ou 75 livres espagnoles), soient $1.104^{t},224$. La valeur du mercure livré aux Rothschild est fixée d'après les cours du métal sur le marché anglais. Le minimum admis est de 6 livres sterling ($151^{f},20$ environ); le cours descendrait au-dessous de ce chiffre que le gouvernement n'en recevrait pas moins 6 livres sterling par frasco.

De 6 jusqu'à 8 livres, l'excédant est partagé par moitié entre les deux contractants. Au-dessus de 8 livres, les Rothschild en reçoivent un tiers, le trésor deux tiers.

Ainsi, le prix du mercure étant, par exemple, de 14 livres sterling, le gouvernement espagnol recevra par bouteille :

1°) 6 livres st. comme minimum,
2°) 1 livre st. pour le 1er excédant de 2 livres,
3°) 4 livres st. pour le 2e excédant de 6 livres,
11 livres en tout.

Ainsi donc, le mercure, mis en bouteille, est remis, à Almaden même, entre les mains du représentant de la maison Rotschild, et l'administration de l'établissement se trouve déchargée de tous soucis et de tous frais ultérieurs de vente, d'opérations, par conséquent, difficiles et peu en harmonie avec les véritables fonctions d'un gouvernement quelconque. Le trésor profite d'ailleurs, dans une proportion raisonnable, de l'élévation des prix, élévation qu'il serait, sans doute, hors d'état de produire ou de maintenir.

Rien de plus variable, en effet, que les cours du mercure sur ce marché de Londres, presque uniquement alimenté, cependant, par les mines d'Almaden. Idria ne produit guère, en effet, que 370 tonnes pour 1.200 venant d'Espagne, et l'Amérique, dont la production est à peu près égale à celle d'Almaden, consomme elle-même ses produits. Ce n'est pas à dire que la production du Nouveau-Monde n'influe puissamment sur la valeur du mercure ; on peut, néanmoins, regarder comme certain qu'une notable partie des variations des cours est due à des opérations purement commerciales. On était très-loin, en effet, en 1873, 1874, 1875, de l'ancien cours de 6 livres sterling.

Les cours moyens, sur le marché de Londres, ont été les suivants :

ANNÉES.	COURS.			
	£	sh.	d.	par frasco.
1865	7	19	4	—
1866	7	5	8	—
1867	6	17	1 1/2	—
1868	6	17	»	—
1869	6	17	»	—
1870	7	18	8	—
1871	10	9	9 3/4	—
1872	11	11	2 3/4	—
1873	15	2	7	—
1874	21	6	10 1/2	—
1875	14	4	6 1/2	—
1876	9	3	10	—
Moyenne	10	9	5	—

Le prix le plus bas, de 1865 à 1876, a été de 6 livres sterling (décembre 1865) ; le plus haut, de 26 livres sterling,

en novembre 1874. Il est assurément bien peu de matières, au moins de celles dont la production est à peu près constante, qui subissent de pareilles fluctuations.

Plaçons maintenant en regard de ces prix de vente les prix de revient complets de la tonne et du frasco de mercure, dans les cinq dernières années. Ces prix résultent des tableaux suivants :

I. — État général des dépenses dans les cinq années 1870-1875.

NATURE DES DÉPENSES.	1870-71.	1871-72.	1872-73.	1873-74.	1874-75.
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
onnel	130.256.94	130.036,55	126.653,53	124.901.39	133.352,03
ériel des bureaux	5.067,84	4.995,58	4.824,15	4.144,55	4.500,00
Abatage	366.507,77	368.456,93	356.662,71	327.455,96	355.614,17
Fortification	234.339,19	233.291,99	196.221,50	207.706,20	247.970,88
Epuisement	84.136,47	83.051,70	87.280,37	102.921,48	75.261,42
Aérage	4.046,00	3.848,00	2.866,50	2.190,00	2.188,50
Extraction et transports	85.528,09	83.929,37	85.553,68	116.807,93	88.226,00
Frais généraux	162.084,06	169.886,65	208.463,55	226.777,62	273.499,31
llation et envasement du mercure	386.310,54	395.500,64	258.449,62	278.205,55	417.102,35
ers	16.143,26	15.944,99	29.476,32	31.323,16	29.113,66
rs	28.578,08	23.730,25	17.588,83	17.467,62	8.880,07
al et chapelle	24.757,60	25.700,25	19.318,49	21.571,87	21.477,83
ine de Castilseras	20.845,55	16.132,47	16,917,94	16.983,04	16.106,65
ses imprévues	298,61	273,20	1.673,70	809,56	»
Total	1.548.900,00	1.554.778,61	1.411.956,89	1.479.265,93	1,673.292,87

II. — Prix de revient de la tonne de mercure de 1870 à 1875.

NATURE DES DÉPENSES.	1870-71.	1871-72.	1872-73.	1873-74.	1874-75.
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
nnel	109,90	114,60	109,60	128,00	105,50
de bureau	4,20	4,40	4,20	4,20	3,60
batage	309,30	324,60	308,70	335,50	281,30
isage et muraillement	197,80	205,50	169,90	212,80	196,10
puisement	71,00	73,20	75,60	105,40	59,50
érage	3,50	3,40	2,50	2,20	1,70
xtraction et transports	72,20	73,90	74,00	119,70	69,80
rais généraux	136,80	149,70	180,40	232,30	216,30
lation et mise en bouteilles	325,90	348,40	223,70	285,00	329,90
rs	13,60	14,10	25,60	32,10	23,00
s	24,10	20,90	15,20	17,90	7,00
al et chapelle	20,90	22,60	16,70	22,10	17,00
ine de Castilseras	17,60	14,30	14,60	17,40	12,70
ses imprévues	0,30	0,20	1,50	0,80	»
Total	1.307,10	1.369,80	1.222,20	1,515,40	1.323,40
prix de revient du frasco	45,10	47,27	42,17	52,29	45,67

Voici, d'ailleurs, quelles ont été, pendant le même laps de temps, les quantités de minerai traitées et de mercure produites :

ANNÉES.	MINERAI TRAITÉ	MERCURE PRODUIT		RENDEMENT moyen.
		en tonnes.	en frascos.	
	tonnes.			p. 100.
1870-71.......	15.867,039	1.185,007	34.341	7,47
1871-72.......	15.835,340	1.135,046	32.893	7,17
1872-73.......	16.094,436	1.155,280	33.479	7,18
1873-74.......	16.379,750	976,104	28.287	5,90
1874-75.......	18.815,680	1.264,355	36.640	6,72

Par suite des développements des installations de la mine et de la richesse croissante de celle-ci, on arrivera facilement, dans un ou deux ans, à produire par an 40.000 frascos (1.380 tonnes) de mercure, à un prix qui ne dépassera pas 42f,50 le frasco.

Nous donnons, dans le tableau suivant, les chiffres relatifs aux principaux pays qui produisent du mercure; on pourra ainsi se faire aisément une idée exacte de l'importance relative de la production d'Almaden dans la production générale (*).

ANNÉES.	ESPAGNE.	AUTRICHE.	HONGRIE.	ITALIE.	ÉTATS-UNIS d'Amérique.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1864......	1.057,6	269,1	32,4	»	1.638,6
1865......	1.078,3	192,3	42,7	»	1.928,8
1866......	955,0	183,5	55,7	»	1.606,3
1867......	1.095,1	271,8	60,9	»	1.276,9
1868......	1.014,0	286,8	42,7	»	1.276,7
1869......	1.123,7	316,6	33,7	»	1.163,3
1870......	1.345,3	369,6	25,6	»	1.019,5
1871......	1.157,0	375,7	18,0	»	1.100,0
1872......	1.262,2	383,4	15,3	55,	1.045,8
1873......	»	377,1	14,0	»	986,8
1874......	»	372,1	13,2	»	1.182,0
1875......	»	369,7	18,0	»	1.853,1

(*) D'après M. Von Lindheim, *Kohle und Eisen im Welthandel*. Vienne, 1877.

Nous terminerons cette étude sur les gisements de mercure d'Almaden par un rapide exposé de leur histoire. Cette revue rétrospective ne peut qu'aider à mieux comprendre la situation actuelle des mines.

II. — Historique.

L'étymologie arabe du mot Almaden (la mine) pourrait faire croire que la découverte des mines de mercure de cette région n'est pas antérieure à la domination des Maures en Espagne. Mais la tradition leur attribue une origine beaucoup plus ancienne et fait remonter jusqu'aux Phéniciens leur première exploitation. Il est dans tous les cas certain que les Romains les connaissaient. Théophraste (322 avant J.-C.) affirme qu'on employait et tenait en grande estime le cinabre dur et de grain fin qui venait d'Espagne, et Pline raconte que ce cinabre provenait du pays appelé Sizaponensis. D'autres historiens naturalistes et géographes assurent qu'entre toutes les mines de cinabre connues des anciens, la plus fameuse était celle du pays Sizaponensis (Almaden), appréciée au plus haut point pour la pureté de son cinabre, et unique à ce point de vue dans tout l'empire romain. On sait qu'on transportait d'Almaden à Rome le cinabre ou *pierre-métal* dans des caisses parfaitement conditionnées, et qu'à chaque voyage on en chargeait ainsi 10.000 livres.

On ignore, à la vérité, quel était exactement l'usage de ce minerai, et l'on a tout lieu de croire que les applications devaient être moins nombreuses qu'elles ne le sont aujourd'hui. Il est certain toutefois qu'on le purifiait, par une sorte de préparation mécanique, sans doute, et qu'il servait à la fois aux peintres, comme couleur, aux dames romaines, comme fard. Pline dit, toutefois, qu'on le brûlait et le lavait, ce qui semble indiquer qu'on en retirait le mercure.

De toutes façons, les falsifications qu'on en faisait en y mêlant du minium d'Espagne (de la côte de Carthagène et de Linarès probablement) montrent que, dès cette époque, c'était une marchandise d'une haute valeur.

Le mot de Sizapone, généralement employé dans les anciennes chroniques, pour désigner la région où se trouve aujourd'hui Almaden, ne laisse pas de doute sur le point d'où les Romains faisaient venir le cinabre. On a découvert, d'ailleurs, dans les vieux travaux, de nombreux restes de l'antiquité, et notamment un assez grand nombre de monnaies romaines.

Mais l'exploitation des mines d'Almaden ne commença à prendre une extension considérable que lorsque la découverte de l'Amérique eut ouvert à leurs produits un large débouché pour le traitement des minerais d'argent. Jusque-là, les mines d'Almaden, suivant les vicissitudes du sol où elles se trouvaient, changèrent plusieurs fois de propriétaire, soit à la suite de conquêtes, soit par l'effet de dons royaux. Ainsi, en 1161, le roi Alphonse VIII partage entre le comte Nuño et les chevaliers de Calatrava les villes et mines de Chillon et d'Almaden. Au XIV[e] siècle, les mines payent une dîme à l'archevêque de Tolède. De 1499 à 1512, c'est de nouveau le trésor royal qui les fait exploiter à son compte.

La production annuelle à cette époque ne dépassait pas 23.000 kilogrammes de mercure. Aussi le trésor, embarrassé par plusieurs dettes qu'il avait contractées envers les banquiers allemands Fugger, se décida-t-il à leur abandonner, en 1525, les produits des maîtrises de Santiago, Calatrava, Alcantara, les herbages et *mines d'Almaden* pour trois années. Mais, à l'expiration de ce terme, le contrat fut renouvelé et les mines restèrent entre les mains des Fugger ou Fucares, jusqu'en 1563. A cette dernière date, ils furent entièrement chargés de l'exploitation moyennant livraison annuelle au trésor d'une quantité

de mercure, qui varia depuis 46 jusqu'à 200 tonnes. La situation resta la même jusqu'en 1624.

On ne sait pas au juste quel fut le produit des mines pendant les trente-huit premières années (1525-1563) de l'administration des Fugger; dans les 61 autres (1562-1624) le produit annuel moyen fut de 140 tonnes de mercure.

En 1625, le contrat de Fugger fut prorogé pour vingt ans, avec l'obligation de fournir chaque année au trésor, à Séville, 184 tonnes de mercure et 6.900 kilogrammes de vermillon.

En 1646, on recommença à exploiter pour le compte du trésor (*Real Hacienda*), avec un administrateur qui eut la même juridiction que les comtes Fugger, et sous la haute surveillance du conseil des finances. Il dépendit plus tard, d'octobre 1708 à janvier 1717, d'un conseil spécial, la *Junta de Azogues;* puis de 1717 à 1735 du conseil ou *Junta de India.* En 1735, par arrêté de Don José Coruego y Ybarra, fut établi un tribunal dit *Surintendance générale du mercure*, chargé de trancher toutes les questions relatives aux mines d'Almaden.

La surintendance conserva ces prérogatives pendant plus d'un siècle, jusqu'en 1845 : elle perdit alors ses attributions générales et judiciaires pour ne conserver que des fonctions administratives, que le surintendant exerce encore aujourd'hui.

La collection des documents conservés aux mines d'Almaden donne quelques détails sur l'exploitation des mines d'Almaden depuis la fin du XVe siècle.

A la manière des Romains qui, généralement, en Espagne, employaient une série de foncées verticales ou puits, à petite distance les uns des autres, on pratiquait à cette époque, dans les filons, un grand nombre d'excavations

connues sous les noms : de San Sebastian, Mineta Alta, Mineta Baja, Zurriaga, Contramina Antigua, Mina del Pozo, etc., assez mal ordonnées, et paraissant se trouver dans le voisinage du puits actuel de San Aquilino.

L'ancienne mine du Pozo, abandonnée entre 1590 et 1615, était arrivée, dit-on, à une profondeur de 209 mètres ; à ce niveau elle finit par n'être plus exploitable, à cause de l'élévation des frais et des difficultés de l'épuisement et du soutènement. On croit même que la profondeur des travaux atteignit, en certains points, 250 mètres et leur étendue 500 mètres.

On se dirigea alors, à partir de la mine ancienne, vers la mine actuelle du Pozo (on appelle ainsi la partie ouest des filons d'Almaden et surtout les filons de San Pedro y San Diego).

En septembre 1697, on découvrit des échantillons de cinabre dans une maison près du *Castillo del Retamar*, au haut du bourg d'Almaden ; on y ouvrit la même année un puits nommé San Antonio, et l'on arriva à la fin de 1698 à du minerai massif. Cette partie a reçu le nom de *mine del Castillo.*

On commença, en 1703, le travers-bancs du 1er étage, appelé *socavon del Castillo :* à 207 mètres de son entrée, il rencontra le puits San Antonio, en 1706.

On employait à cette époque des esclaves pour faire l'épuisement à bras des mines ; le soutènement était réalisé au moyen d'étais en bois.

En 1755, un incendie se déclara dans la mine, les bois brûlèrent pendant 30 mois ; il y eut d'immenses désordres, de nombreux accidents ; la mine, enfin, fut inondée, et son avenir sérieusement compromis. On appela alors d'Allemagne quelques ingénieurs, qui réussirent à remettre, à peu près, l'exploitation en état, vers 1760. En 1791, fut établie, pour l'épuisement, la machine à vapeur de Watt, dont nous avons parlé précédemment, et

qui, en 1873, était encore la seule machine à vapeur d'Almaden.

Vers 1800, l'ingénieur des mines, Don Diego Larrañaga, proposa et fit adopter la méthode d'exploitation actuelle. Les travaux atteignaient à cette époque, en 1803, une profondeur de 200 mètres. On voit donc qu'en 73 ans, ils ne sont descendus que de 90 mètres environ, et cependant ils ont fourni des quantités de mercure considérables, comme le fait voir le tableau suivant par lequel nous terminerons ce travail.

État des quantités de mercure fournies par les mines d'Almaden, de 1564 à 1875.

Années.	Poids en tonnes.	
1564-1625.	8.683,282	
1625-1645.	3.680,000	
1646-1651.	757,364	
1652-1653.	199,099	
1653-1655.	405,402	
1655-1656.	54,513	
1656-1665.	724,988	
1665-1668.	339,071	
1668-1672.	465,124	
1672-1673.	188,410	
1673-1677.	458,254	
1677-1680.	235,693	
1680-1682.	200,807	
1682-1685.	128,132	
1685-1689.	392,554	
1689-1696.	587,646	
1696-1700.	363,381	
Total de 1564 à 1700.	17.863,720	17.863ᵗ,720
ou en moyenne par année.		130ᵗ,391
1700-1709.	1.995,848	
1709-1726.	3.689,124	
1726-1729.	néant	
1729-1734.	1.707,617	
A reporter.	7.392,589	

Années.	Poids en tonnes.	
Report.	7.392,589	
1736-1742.	1.562,289	
1742-1743.	417,623	
1743-1749.	2.629,532	
1750-1757.	2.305,018	
1757-1773.	7.299,182	
1774-1781.	6.365,036	
1781-1786.	2.966,000	
1787-1789.	1.641,327	
1789-1798.	7.727,086	
1798-1799.	999,488	
1799-1800.	844,331	
Total de 1700-1800.	42,149,501	
ou en moyenne par année.		421t,495
1800-1805	3.129,053	
1805-1810.	2.548,825	
1810-1815.	1.753,275	
1815-1820.	3.497,708	
1820-1825.	3.527,247	
1825-1830.	4.448,900	
1830-1835.	3.774,697	
1835-1840.	4.873,580	
1840-1845.	4.596,480	
1845-1850.	4,433,981	
1850-1855.	3.503,031	
1855-1860.	3.798,371	
1860-1865.	4.179,269	
1865-1870.	5.387,322	
1870-1875.	5.714,640	
De 1800-1875.	60.166,379	
ou en moyenne par année.		802t,218

La production depuis trois siècles a été, en résumé :

De 1564-1700.	17.863t,720
1700-1800.	42.149,501
1800-1875.	60.166,379
Total depuis 1564.	120.179t,600

Quant à la valeur de cette énorme quantité de mercure, elle est assez difficile à apprécier. Le prix du mercure atteignait 12 à 15 francs le kilogramme avant la découverte des mines de Californie, New-Almaden et autres. A 12 francs le kilogramme, la valeur créée aurait été de 1.440 millions de francs. Aux cours actuels, 6 francs environ, elle représenterait encore la somme de 720 millions de francs. Ces chiffres sont assez éloquents pour n'avoir besoin d'aucun commentaire.

TABLE DES MATIÈRES.

NOTE SUR L'ACIER CHROMÉ

Par M. G. ROLLAND, ingénieur des mines.

Les produits apparus depuis quelques années en métallurgie sous le nom d'aciers chromés, ont excité un certain intérêt; ils présentent une dureté extrême et une résistance remarquable à la traction. Ces aciers contiennent quelques dizièmes pour cent de chrome. Le chrome a la propriété d'augmenter notablement la dureté et la résistance du métal; mais il n'a aucune propriété aciérante et ne saurait, comme on l'entend dire, jouer le rôle du carbone et le remplacer. M. Boussingault a fondu un mélange de fonte à 4 p. 100 de carbone et d'oxyde de chrome, en proportions telles que l'oxygène de celui-ci brûlât exactement le carbone de celle-là; le culot obtenu, alliage non carburé de fer et de chrome, ne se trempait pas.

Berthier est le véritable inventeur de « l'acier chromé ». Dès 1821, il indiquait le moyen « d'introduire du chrome dans l'acier fondu » et annonçait que « l'acier allié au chrome avait des propriétés qui pourraient le rendre précieux pour plusieurs usages (*) ».

(*) J'extrais les passages suivants de la note de Berthier sur les *Alliages du chrome avec le fer et l'acier*, parue en 1821, dans les *Annales des mines* (1re série, tome VI, page 573) et les *Annales de chimie et de physique* (2e série, tome XVII, page 55).

« Pour préparer avec un minerai de la nature de celui de l'île de Vaches (fer chromé tenant 0,370 de peroxyde de fer, 0,360 d'oxyde de chrome, 0,215 d'alumine, 0,050 de silice) un alliage très-riche en chrome, il faut fondre ce minerai au creuset brasqué avec 0,30 de chaux et 0,70 de silice, ou avec 1,00 de verre alcalin, ou mieux avec 0,40 de borax vitrifié; et pour extraire le plus de chrome possible de ce minerai, il faut ajouter aux fondants une certaine quantité d'oxyde de fer. Il est évident que la quantité de

L'acier chromé est fabriqué aujourd'hui, à ma connaissance, aux États-Unis, à Brooklyn, New-York (Chrome Steel C°); en Angleterre, à Scheffield; et en France, à Unieux, Loire (aciérie Holtzer).

Ayant visité en 1876 l'usine de Brooklyn, j'exposerai brièvement son procédé de fabrication et les qualités de ses produits. Outre les renseignements recueillis par moi en Amérique, la présente note renferme des analyses et des indications inédites dues à M. Boussingault, qui a bien voulu m'encourager, dans ce travail, de ses conseils aussi précieux que bienveillants (*).

La fabrication de l'acier chromé à Brooklyn, bien qu'en-

---

fondant à employer doit varier avec la quantité d'alumine que contient le minerai, et qu'il faut toujours en employer le moins possible, savoir le borax par économie et pour diminuer la volatilisation, et le verre ou les fondants siliceux, parce qu'ils s'opposent à la réduction des oxydes qu'ils retiennent en combinaison. Le minerai de Philadelphie (fer chromé tenant 0,372 de peroxyde de fer, 0,516 d'oxyde de chrome, 0,097 d'alumine, 0,026 de silice) fondrait très-bien avec 0,14 de chaux et 0,32 de silice, ou avec 0,50 de verre alcalin, ou enfin avec 0,16 à 0,20 de borax vitreux; il donnerait une beaucoup plus grande proportion d'alliage que celui de l'île de Vaches et cet alliage contiendrait beaucoup plus de chrome.

« Si je me suis beaucoup étendu sur la manière de préparer avec économie les alliages de fer et de chrome, ce n'est pas que je croie que ces alliages puissent être par eux-mêmes d'une grande utilité; mais parce qu'il est probable qu'on s'en servira pour introduire du chrome dans l'acier fondu. L'idée d'introduire du chrome dans l'acier fondu m'a été suggérée par l'intéressant travail de M. Faraday sur les alliages des divers métaux avec l'acier. J'ai trouvé que l'acier allié au chrome a des propriétés qui pourraient le rendre précieux pour plusieurs usages.

« J'ai fait deux alliages d'acier fondu et de chrome, l'un contenant 0,01 de chrome et l'autre 0,015. J'ai préparé l'*acier chromé* en fondant de l'acier fondu de première qualité, cassé en très-petits morceaux, avec un alliage de fer et de chrome. C'est ainsi, je crois, qu'il faudra faire en grand. »

(*) M. Boussingault doit faire prochainement paraître un mémoire sur la constitution des fontes et aciers chromés et sur les procédés de dosage du chrome.

tourée d'un certain mystère, n'est qu'une application de la méthode de Berthier. Les minerais de fer chromé consommés à cette usine ont varié de composition; tel renfermait 37 p. 100 d'oxyde de chrome, 13 p. 100 d'alumine et 11 p. 100 de silice; tel autre, jusqu'à 60 p. 100 d'oxyde de chrome et pas de silice: ils proviennent des environs de Baltimore. Le minerai, pulvérisé et mêlé à du charbon en poudre, est réduit dans des creusets en graphite en présence d'un fondant convenable. On produit ainsi une fonte chromée, blanche et analogue à « l'alliage de fer et de chrome » de Berthier; on l'appelle *ferro-chrome* par analogie avec le ferro-manganèse. Un ferro-chrome de Brooklyn, analysé par M. Boussingault, a indiqué 4,29 p. 100 de carbone combiné et 48,70 p. 100 de chrome (*). — On obtient ensuite l'*acier chromé* en fondant au creuset (dans des fours Siemens à 24 et 32 creusets) des fragments de fer ou acier de première qualité, provenant soit d'Amérique, soit de Suède et Norwége, avec une addition de ferro-chrome calculée suivant le degré voulu d'aciération et de dureté. M. Boussingault a trouvé dans un acier dur de Brooklyn 1,10 p. 100 de carbone combiné et 0,44 p. 100 de chrome (**).

La Chrome Steel C° fabrique trois numéros principaux d'acier chromé : le n° 1, le plus dur, pour outils divers, burins de tours et raboteuses, etc., ayant à couper des substances très-dures, telles que fonte coulée en coquille;

(*) Le ferro-chrome d'Unieux contient environ 5,4 p. 100 de carbone combiné et jusqu'à 67,2 p. 100 de chrome.

Le chrome se trouve accidentellement dans certaines fontes. On en a signalé quelques dixièmes p. 100 dans des fontes de Russie. M. Boussingault en a trouvé 1,95 p. 100, et au delà, dans la fonte blanche de Medellin (province d'Antioquia, Amérique du Sud), qui est employée pour bocards et se fait remarquer par sa dureté.

(**) Les aciers chromés d'Unieux se fabriquent comme ceux de Brooklyn. Leurs teneurs en chrome y varient entre 0,5 p. 100 et 0,9 p. 100; les proportions de silicium et de manganèse y seraient négligeables.

le n° 2, pour tarauds, fraisoirs, emporte-pièces, laminoirs de bijoutiers, etc.; le n° 3, dit numéro universel, pour ciseaux, perforateurs et toutes sortes d'outils ayant à couper des substances de dureté moyenne. Il y a encore un n° 1 extra-dur, pour outils de choix, et un n° 3 A, plus doux que le n° 3 (ne se trempant pas) et préférable pour certains objets, tels que gros fraisoirs, marteaux de qualité supérieure, canons de fusils, etc. (*).

A la coulée, l'acier chromé se montre généralement plus pâteux que l'acier ordinaire. Le lingot brut, encore chaud ou après réchauffage, est d'abord dégrossi au marteau-pilon, puis réchauffé et amené aux dimensions et formes convenables par martelage ou laminage (**). D'après M. Julius Baur, l'acier chromé ne se détériorerait nullement par l'application d'une chaleur élevée et prolongée (sauf l'oxydation superficielle); à Brooklyn, on recommande de réchauffer hardiment le métal jusqu'au rouge presque blanc avant de le travailler, excepté pour le travail à l'emporte-pièce qui doit être fait à une température moyenne. M. *Julius* Baur prétend, d'autre part, que l'acier chromé se soude mieux et plus facilement, soit à lui-même, soit au fer, que l'acier ordinaire (***); on préfère, à Brooklyn, les numéros 2 et 3 pour le soudage.

(*) A Unieux, on fait surtout des aciers chromés très-durs pour outils de choix; on a aussi essayé de fabriquer des tubes pour pièces d'artillerie en acier chromé tenant 0,6 à 0,7 p. 100 de carbone combiné et environ 0,58 p. 100 de chrome.

(**) Remarquons que les lingots et produits finis sont toujours de petites dimensions. Il semble que les grosses pièces d'acier chromé ne se travaillent pas bien, sans doute parce qu'il s'y est fait un départ lors du refroidissement et qu'elles ne sont plus homogènes.

(***) Au contraire, M. Riley ayant puddlé de la fonte grise ordinaire avec addition de fonte chromée, a trouvé que la fonte chromée augmentait la durée du puddlage et que, quelle que fût la quantité ajoutée, l'oxyde de chrome résultant rendait la scorie plus pâteuse et le soudage de fer plus difficile. Ajoutons qu'un peu de

L'acier chromé est particulièrement délicat à tremper. A cette fin, il doit être porté à une température aussi peu élevée que possible et simplement suffisante pour qu'il y ait trempe, au rouge cerise faible environ. Il importe de laisser refroidir après martelage et de réchauffer avant la trempe tous les outils provenant de pièces relativement grosses et offrant des arêtes minces ; car si l'on plongeait directement l'outil dans l'eau ou tout autre bain froid, l'intérieur de la pièce, qui se refroidit moins vite que l'extérieur, serait trempé trop chaud et pourrait se fendiller (*).

La Chrome Steel C° attribue à son acier des qualiés exceptionnelles. A froid, sa résistance de traction serait supérieure à celle de tout autre acier. Trempé, il ne pourrait être percé par aucun autre acier et percerait n'importe quel acier trempé (à égalité de teneur en carbone). On cite les essais de résistance à la traction faits à la fonderie de West-Point sur douze barres martelées en acier chromé de Brooklyn, de duretés diverses, réchauffées et non (poids spécifique, 7,8161 à 7,8536) : charge de rupture maxima, 139^{kg},84 par millimètre carré ; charge minima, 115^{kg},13 (**).

---

chrome restait dans le fer forgé, mais que son influence bonne ou mauvaise n'était guère appréciable.

(*) Voici une méthode simple pour déterminer la température à laquelle il convient de tremper l'acier chromé. On place le bout d'une barre dans le feu et l'on chauffe ; on retire et l'on note les températures successives le long de la portion chauffée ; on plonge dans l'eau froide. Après refroidissement, on casse la barre suivant une série de sections rapprochées, en la frappant en porte-à-faux sur l'enclume. Si l'extrémité de la barre était trop chaude, le grain de cassure sera d'abord gros, puis diminuera graduellement jusqu'à la région où la barre était au rouge sombre ; le grain deviendra alors fin et fibreux, l'acier étant plus fort, plus dur et moins cassant que dans les parties chauffées davantage. Le point où apparaît le grain fin et fibreux était à la température convenable.

(**) Pour les barres d'acier, la tension de rupture la plus élevée indiquée par la métallurgie de Percy, est de 107 kilog. par millimètre carré de la section de rupture (acier fondu, à outils, de Turton).

La Chrome Steel C° avait une exposition intéressante à Philadelphie. On y voyait du minerai de chrome, du ferrochrome, de l'acier chromé en lingots et en produits finis avec la série des duretés, des outils de formes et dimensions variées, des barres tordues et pliées à froid, etc. On remarquait les plaques de sûreté pour coffre-forts, etc., en tôles alternatives d'acier chromé et de fer soudées ensemble et trempées (l'acier chromé trempé ne peut être percé par les outils ordinaires; le fer reste ductile et ne se brise pas sous le choc); les barreaux de sûreté pour grilles de prison, de banque, etc., également en acier chromé et fer soudés et trempés (ne pouvant être ni sciés ni brisés); des poutres de toutes formes en acier chromé et fer soudés (cette combinaison augmentant la résistance et diminuant le poids), etc.

Certaines pièces du grand pont métallique sur le Mississipi, à Saint-Louis, sont en acier chromé; mais cette application ne semble guère motivée.

En terminant, je dois dire qu'en Amérique, comme en Europe, l'acier chromé est assez mal connu généralement et a jusqu'ici plus de détracteurs que de partisans. Il possède incontestablement des propriétés remarquables, qui le rendent précieux pour certains usages spéciaux et l'empêcheront sans doute de disparaître; mais ses applications semblent trop restreintes pour qu'il soit appelé à être fabriqué sur une grande échelle et d'une manière courante.

D'après M. Sergius Kern de Saint-Pétersbourg, un nouveau procédé de fabrication d'acier chromé vient d'être essayé à l'aciérie Obouchoff, en Russie. Le procédé consiste à fondre, dans des creusets d'argile réfractaire, un mélange convenable d'aciers Bessemer ou Siemens-Martin concassés et de fer ou fonte raffinée (suivant le degré d'aciération voulu) en sous-ordre, avec une addition de fer chromé et de calcaire préalablement calcinés et broyés (ceux-ci placés au fond du creuset). M. Kern ne dit pas que le nouveau procédé ait

en vue l'introduction de chrome dans l'acier; il insiste uniquement sur les deux points suivants : 1° avantage de l'emploi du fer chromé à la place du ferro-manganèse, fréquemment usité aujourd'hui comme réducteur, lequel est coûteux et rend souvent l'acier phosphoreux et sulfureux; 2° avantage de l'emploi des aciers Bessemer et Siemens-Martin, fabriqués actuellement avec soin et à bon compte, à la place des barres d'acier puddlé au bois, lesquelles reviennent à un prix élevé et ne sont jamais uniformes quant à la teneur en carbone. On a obtenu dans les expériences en question une série d'aciers fondus dont les teneurs en carbone combiné varient de 0,20 à 1,30 p. 100, et les teneurs en chrome de 0,08 à 0,25 p. 100. Ces aciers ont été classés en 4 numéros, dont les teneurs moyennes en carbone sont 0,25, 0,49, 0,95 et 1,20 p. 100. Des essais de résistance à la traction ont été faits sur les barres martelées, puis trempées; les poids moyens de rupture (résultant de 6 essais pour chaque numéro) sont : pour le n° 1, de 75k,75 par millimètre carré; pour le n° 2, de 77,49; pour le n° 3, de 82,37; pour le n° 4, de 86,15.

NOTICE

SUR

LES TELLURURES D'OR ET D'ARGENT

DU COMTÉ DE BOULDER

(COLORADO, ÉTATS-UNIS).

Par M. G. ROLLAND, ingénieur des mines.

La Transylvanie en Europe et le Colorado aux États-Unis sont, à ma connaissance, les seuls pays où l'on exploite des tellurures d'or et d'argent (*). C'est en 1873 que ces minéraux, aussi précieux que rares, ont été découverts au Colorado dans le comté de Boulder. Les nouveaux gisements, surfaits d'abord outre mesure, subirent ensuite un discrédit injuste. Au commencement de 1875, c'était l'*excitement* des tellurures, il y avait *rush* vers le nouvel El Dorado. Puis vint la période de désillusion; les trésors annoncés ne luirent qu'aux yeux de peu d'élus. En automne 1876, époque de ma visite, l'état de chose n'était rien moins qu'encourageant : malgré quelques mines prospères, mais peu nombreuses, le district minier dans son ensemble

(*) On exploite, dans les montagnes qui séparent la Hongrie de la Transylvanie, un groupe de filons contenant des tellurures d'or et d'argent, de l'or et de l'argent natifs, des sulfures d'argent, des pyrites aurifères, de la galène argentifère, etc. Nagyag et Offenbanya, en Transylvanie, sont les deux centres principaux de ces exploitations.

Les tellurures d'or et d'argent se rencontrent également en Hongrie (mine Rezbanya), en Sibérie dans l'Altai (mine Sawodinskoi), en Californie (mines Stanislaus et Mellones, comté de Calaveras; mine Golden-Rule, comté de Tuolumne), au Mexique, au Chili, etc.

ne se développait pas, faute de moyen de concentration des minerais de basse teneur. Mais la possibilité récemment démontrée de cette concentration a heureusement modifié la situation, et aujourd'hui le pays des tellurures peut espérer une place honorable parmi les districts producteurs de métaux précieux.

Cette notice est divisée en trois paragraphes relatifs aux gisements, à l'exploitation et au traitement. Elle est suivie d'une revue de l'industrie minière et métallurgique du Colorado en 1876 (*).

§ 1. — GISEMENTS.

Dans sa notice sur les minerais d'argent aux États-Unis, M. Burthe a donné un aperçu de la situation géographique du Colorado (**). Le comté de Boulder est à la hauteur du Park du centre, au nord des comtés de Gilpin et de Jefferson. La petite ville de Boulder City est située à 40° de latitude nord au pied du Front Range, chaîne orientale des Rocheuses, se dressant comme un mur nord-sud sur les grandes prairies qui s'étendent à perte de vue vers l'est. Elle est reliée aujourd'hui par un chemin de fer longeant le Front Range à la ligne qui, depuis plusieurs années déjà, va de Denver à Golden City au travers de la prairie, puis entrant dans la montagne, remonte la gorge de Clear Creek, et se bifurque ensuite pour gagner d'une part Black Hawk et Central City, d'autre part Floyd Hill et, dans un avenir prochain, Idaho et Georgetown. La distance de Denver à Boulder City est de 40 kilom.

(*) Ce travail renferme un certain nombre de renseignements complémentaires tirés de l'*Engineering and Mining Journal* de New-York, MM. R. P. Rothwell et R. W. Raymond, éditeurs, et de l'ancienne *Mining Review* de Denver, M. F. van Vagenen, éditeur, M. W. W. Rose, secrétaire.

(**) P. L. Burthe. — Notice sur les gisements et minerais d'argent, leur exploitation et leur traitement métallurgique aux États-Unis. *Annales des mines*, 7e série, tome V, page 283.

Les gisements de tellurures d'or et d'argent du comté de Boulder se trouvent dans le Front Range, de même que les gisements aurifères du comté de Gilpin et les gisements argentifères du comté de Clear Creek. On s'y rend de Boulder City par de mauvais chemins de montagne, la plupart impraticables aux voitures. Le Front Range est traversé dans cette région par des cours d'eau coulant de l'ouest à l'est et encaissés dans des gorges étroites et sauvages; les chaînes intermédiaires sont relativement peu accidentées et généralement couronnées par des plateaux. Les roches se composent de gneiss en majeure partie, de schistes métamorphiques (quartzites, schistes quartzeux, micacés, amphiboliques, grenatifères) et de granite; le tout est recoupé par de nombreux dykes éruptifs de nature et d'âge variables.

Sur le bord oriental de ce grand massif s'appuient des roches sédimentaires relevées, qui forment aux environs de Boulder City une arête nord-sud. Elles comprennent, en allant de l'ouest à l'est, les « red beds », sans doute triasiques, qui reposent directement sur les terrains cristallins; — les schistes jurassiques; — les étages du crétacé; — et enfin la grande formation des lignites du Colorado (*), sur laquelle reposent directement les grandes plaines.

Les filons de tellurures appartiennent à un système très-net de fractures, qui occupe une zone nord-est large de 6 à 8 kilomètres, exploitée d'abord et surtout entre le Boulder Creek et le Left Hand Creek, mais se prolongeant de part

(*) La formation des lignites du Colorado est-elle tertiaire ou crétacée? D'après la flore fossile, M. Lesquereux et le Dr Hayden la considèrent comme éocène; au contraire, le Dr Leconte et le lieut. Wheeler, se basant sur la faune et les relations stratigraphiques, affirment qu'elle appartient au crétacé supérieur. (F. V. Hayden. *U. S. Geological and Geographical Survey of Colorado and adjacent Territories*, 1873 et 1874; lieut. G. M. Wheeler. *U. S. Geographical Survey West of the* 100th *Meridian;* III, Geology; 1875.)

et d'autre jusqu'aux confins sud et nord du comté de Boulder, et reconnue ainsi sur une longueur d'une trentaine de kilomètres (*). Les filons ont en général une direction N.-E.-S.-O. et un pendage presque vertical.

Avant de décrire leur remplissage, nous indiquerons brièvement les minéraux du tellure connus jusqu'à ce jour, avec leurs formules (atomiques) et compositions approchées pour cent, en renvoyant aux traités de minéralogie pour les propriétés cristallines, physiques et chimiques.

Tellure natif. — Rarement pur (**).

(*) La zone des tellurures semble se prolonger vers le sud dans le comté de Gilpin de 16 kilomètres environ. Peut-être même traverse-t-elle tout le Colorado. Des tellurures ont été trouvés en 1875, près de Lake City, dans le comté de San Juan, à plus de 400 kilomètres du comté de Boulder; en 1877, à mi-distance entre ces deux comtés; et non loin de la source de la Blue River, près du Hoosier Pass, dans le comté de Summit.

(**) Les analyses suivantes montrent combien varie la composition des tellures natifs.

1° Tellure natif de Magnolia, comté de Boulder, associé à un minéral grisâtre vanadifère (roscoelite), et analysé par le Dr Genth, après déduction de 8,9 p. 100 de quartz.

Tellure	96,91
Or	0,60
Argent	0,07
Vanadium (sesquioxyde)	0,49
Oxyde de fer	0,78
Mercure, alumine, magnésie et potasse	1,15
	100,00

2° Tellure natif de la mine Mountain Lion (Magnolia), analysé par le Dr Genth.

Tellure	55,86
Or	1,38
Argent	0.25
Silice	34,72
Alumine et oxyde de fer	6,15
Chaux	0,48
Magnésie	0,17
	99,01

3° Tellures natifs de la mine John Jay (comté de Boulder), ana-

Tellurures de bismuth (*). — *Tétradymite;* Bi^2Te^3 : bismuth 52, tellure 48; un atome de tellure peut être remplacé par un atome de sélénium ou de soufre, et la formule devenir Bi^2Te^2Se ou Bi^2Te^2S.

Tellurure de nickel. — *Mélonite;* Ni^2Te^3 : nickel 23,51, tellure 76,49.

Tellurure de plomb. — *Altaite;* PbTe : plomb 61,79, tellure 38,21; une partie du plomb peut être remplacée par de l'argent (jusqu'à 1 p. 100).

Tellurure d'argent. — *Hessite;* Ag^2Te : argent 62,79, tellure 37,21, traces de fer, de plomb et de soufre, ainsi que d'or.

Tellurures d'or et d'argent. — *Petzite;* $Au^2Te + nAg^2Te$; au Colorado et en Californie on trouve en général $n = 3$, ce qui correspond à la composition suivante : or 25,25, argent 41,75, tellure 33. — *Sylvanite.* Proprement dite, *Schrifterz;* formules variables : $4AuTe^2 + 3AgTe^2$: or 27,03, argent 11,17, tellure 61,8, traces d'antimoine, de plomb et de cuivre; $AuTe^2 + AgTe^2$: or 24,03, argent 13,23, tellure 62,74. Variétés; le *Weisstellur* ou *Gelberz* contient jusqu'à 8,5 p. 100 d'antimoine et près de 14 p. 100 de plomb; la *Müllerite* contient 19,5 p. 100 de plomb. — *Calavérite;* $7AuTe^2 + AgTe^2$: or 39,01, argent 3,06, tellure 57,93; autre formule : $10AuTe^2 + AgTe^2$.

---

lysés par M. L. P. Jennings.

Tellure	58,40	71,96
Or	1,36	7,36
Argent et mercure	traces	»
Plomb	traces	4,81
Silice et silicates	11,34	13,86
Oxyde de fer	4,37	1,53
Pyrites de fer	24,92	0,88
	100,59	99,80

(*) Transylvanie, Hongrie, Norwége, Suède, Angleterre; Virginie, Caroline du Nord, Géorgie, Montana; Brésil, etc.

Tellurure de mercure. — *Coloradoite;* HgTe : mercure 60,98, tellure 39,02 (*).

Sulfo-tellurure.—*Nagyagite* (Blättererz); composition variable; entre autres: plomb 60,55, tellure 17,63, or 5,91, antimoine 3,77, soufre 9,72; la nagyagite peut contenir jusqu'à 9 p. 100 d'or, 0,5 d'argent et 1,3 de cuivre.

Produits d'altération. — *Acide tellureux;* TeO^2 (**). — *Tellurite de mercure* (Magnolite); Hg^2TeO^4 (***). — *Tellurite de fer;* $FeTeO^4$ (****).

(*) La coloradoite a été récemment découverte par M. Th. Berdell à la Mountain Lion, et étudiée par le Dr Genth. Voici les analyses de deux échantillons provenant des mines Smuggler et Keystone (comté de Boulder), et n'ayant pu être complétement débarrassés des éléments étrangers :

	Smuggler.	*Keystone.*
Quartz et or	6,36	6,83
Mercure	55,80	52,28
Argent	2,42	»
Cuivre	traces	»
Zinc	traces	»
Fer	1,35	2,44
Tellure	36,24	42,95
Sesquioxyde de vanadium	»	0,70
Magnésie	»	0,11
Chaux	«	0,84
Potasse et soude	»	»
	99,27	99,32

D'après ces analyses, le Dr Genth attribue au nouveau minéral la formule HgTe, correspondant à celle du cinabre. La coloradoite est sans cristallisation, sans clivage, massive et un peu granulaire; cassure inégale; dureté, environ 3; poids spécifique, 8,627; éclat métallique, couleur noire de fer inclinant au gris, avec teinte légèrement purpurine et taches fréquentes de couleurs pourpre, bleue et verte.

(**) Le Dr Genth a trouvé dans les fissures du tellure natif de la John Jay de l'acide tellureux en très-petits cristaux, la plupart prismatiques, blancs, blancs jaunâtres et jaunes.

(***) La Magnolite, trouvée récemment dans les parties supérieures et décomposées de la Keystone est, d'après le Dr Genth, un produit d'oxydation de la coloradoite; elle se présente en aiguilles très-fines et forme souvent une houppe autour d'un globule de mercure natif; elle est blanche et soyeuse.

(****) Ce nouveau composé du tellure vient également d'être si-

Les minéraux du tellure signalés jusqu'ici dans les filons du comté de Boulder sont : le tellure natif, l'altaite, la hessite, la petzite, la sylvanite (schrifterz), la calavérite, la coloradoite, l'acide tellureux et les tellurites de mercure et de fer (*); la sylvanite est de beaucoup la plus fréquente; la hessite et la petzite viennent ensuite. L'or natif en fils, ou en écailles, ou en nodules, accompagne éventuellement les tellurures. Les sulfures métalliques, pyrites de fer et de cuivre, blende, galène, sont en sous-ordre dans le remplissage. — La gangue pierreuse des filons de tellurures est très-variable. Le type le plus répandu est un quartz pétrosiliceux sans cristallisation, renfermant les tellurures soit sous forme de cristaux en mouches, soit à l'état d'imprégnation invisible colorant la masse en noir; parfois on trouve un quartz verdâtre (**), qui est considéré comme d'excellente augure. La gangue contient ensuite en toutes proportions des matières chloriteuses et talqueuses, du feldspath en grains de toutes grosseurs, etc. Le spath fluor s'y rencontre et peut devenir abondant. — Les minéraux filoniens sont en général orientés et groupés parallèlement aux épontes, et le remplissage se divise en zones plus ou moins nettes, dont une ou plusieurs riches et payantes constituent le minerai proprement dit, les autres

---

gnalé par le Dr Genth à l'état d'enduit cristallin sur du quartz avec tellure natif.

(*) Outre les minéraux du tellure, le Colorado renferme de nombreuses curiosités minéralogiques. Nous citerons les composés du bismuth (minerai de Geneva avec schirmérite ; sulfure et carbonate de bismuth du mont Sugar Loaf; pépites de bismuth natif des ravins tributaires de la Blue River); les nombreuses variétés cristallines de pyrites et de blendes des comtés de Gilpin et de Clear Creek ; les gisements de pechblende (filon Wood); les minerais de nickel (mine Homestake).

(**) D'après le Dr Genth, ce quartz vert, qu'on trouve fréquemment à Magnolia et ailleurs, est coloré ainsi par une variété de roscoelite, dans laquelle la plus grande partie du vanadium est remplacée par de l'aluminium.

étant pauvres ou stériles. — Près des affleurements, les filons sont altérés par l'air. Le remplissage présente alors une couleur rouille caractéristique due à de l'or libre très-divisé qui provient de la décomposition des tellurures, ou seulement une teinte noire brunâtre de tellurures à moitié décomposés.

Les filons de tellurures sont aussi riches, souvent plus, à l'affleurement qu'en profondeur; dès le début de l'exploitation, ils peuvent payer, ce qui est important dans un pays dépourvu de capitaux. Ils se montrent extraordinairement riches par place : témoin les bénéfices rapides réalisés par quelques mineurs heureux; mais les poches et colonnes d'enrichissement y sont rares, restreintes et irrégulièrement distribuées. On trouve habituellement les tellurures disséminés en particules très-fines dans le remplissage. La moyenne du minerai proprement dit vaut environ 150 frans la tonne (*). Telle est la réalité qu'ont apprise à leurs dépens la plupart des nouveaux venus au pays des tellurures, qui s'attendaient à voir les précieux minéraux en veines puissantes et régulières, de teneur élevée et uniforme.

§ 2. — Exploitation.

Nous allons passer rapidement en revue, du sud au nord, le pays des tellurures. Une douzaine de mines, tout au plus, méritent ce nom et sont exploitées sérieusement; nous décrirons les plus intéressantes. Quant aux petites mines de peu de profondeur (24 mètres, 12 mètres et moins) et d'un avenir incertain, elles se comptent par centaines, mais ne nous arrêteront pas.

Mountain Lion et *Keystone*. — Boulder City est bâtie

(*) Dans cette notice, nous indiquons simplement la *valeur* du minerai déduite de ses *teneurs* en or et en argent déterminées par l'essai.

au point où la vallée de Boulder Creek, étroite et encaissée, de direction est-ouest, débouche sur la plaine. Si, quittant la ville, on remonte la vallée sur une longueur de 9 kilomètres, puis qu'on gravisse son flanc méridional, on arrive au bout de 13 kilomètres de parcours total et 600 mètres d'ascension, à la petite localité de Magnolia, comptant 300 habitants environ. En mai 1875, des minerais de tellurures avec or natif y furent trouvés; certains échantillons valaient jusqu'à 10.000 francs et 25.000 francs la tonne. Aujourd'hui Magnolia s'annonce comme un des meilleurs centres miniers du nouveau district.

Les deux principales mines de Magnolia sont Mountain Lion et Keystone. Elles exploitent un même filon, ayant $0^m,9$ à 3 mètres de puissance, mais ne payant que sur $0^m,2$ à $0^m,6$. Le remplissage est généralement formé de quartz verdâtre avec matières chloriteuses; il renferme çà et là de beaux cristaux de sylvanite (pouvant atteindre $0^m,03$ de long).

Les deux mines sont dans le prolongement immédiat l'une de l'autre. Leurs puits principaux sont contigus et ont une machine d'extraction commune; ils sont foncés suivant l'inclinaison du filon, comme tous ceux du pays; chacun possède un compartiment pour l'extraction et un pour les échelles; en automne 1876, ils avaient l'un 53, l'autre 30 mètres de profondeur. Deux autres puits sont foncés, le premier à 32 mètres à l'ouest du puits principal de la Mountain Lion, le second à 35 mètres à l'est de celui de la Keystone. On exploite par étages de 15 à 20 mètres et par gradins renversés. Un triage grossier a lieu au fond; on remblaye avec les stériles. Les trous de mine ne se font jamais dans la zone payante, les tellurures étant très-friables; avant le tirage, on met des sacs de toile au pied du front de taille, afin de recueillir les fines qui forment la partie la plus riche. L'abatage se fait à la

journée; le mineur reçoit 15 francs par jour, le simple manœuvre 12f,5. Les galeries d'avancement et les puits se font par contrat; pour une galerie de 2 mètres sur 1m,3, on paye 115 francs par mètre courant, et 250 francs pour un puits de 3m,5 sur 1m,3. Chaque mine occupe en moyenne 40 hommes.

A la Mountain Lion, l'extraction était, lors de notre visite, d environ 5 tonnes par 24 heures. Un scheidage soigné avait lieu au jour. On obtenait deux classes de minerai : la première, valant 4.000 à 5.000 francs la tonne, était envoyée par voiture à Boulder City (le prix du transport étant de 20 francs par tonne) et vendue aux *Boyd's Smelting W.;* la seconde, valant 250 à 400 francs et qualifiée pauvre, était mise en réserve en vue d'une concentration ultérieure.

Melvina. — Non loin de Boulder City, le Boulder Creek reçoit les eaux du Four Mile Creek (*) venant du nord-ouest. A 12 kilomètres de la ville, le Four Mile Creek prend la direction est-ouest et reçoit les eaux du Gold Run Creek, venant également du nord-ouest. Au fond de cette dernière gorge et à partir du confluent, s'échelonnent, sur plus d'un kilomètre de longueur, les maisons de Salina, le principal centre minier des environs de Gold Hill, comptant près de 400 habitants.

Au sommet d'une colline s'élevant au sud de Salina, se trouve la Melvina, la meilleure des mines de tellurures. Près de l'affleurement, le filon semblait assez pauvre; les propriétaires allaient l'abandonner quand, en juin 1875, deux nouveaux venus s'offrirent, au bout d'un jour d'exa-

(*) Le Four Mile Creek possède des placers assez riches et exploités. Dans les placers du comté de Boulder, le fin de l'or est de $\frac{925}{1.000}$ à $\frac{950}{1.000}$; dans ceux de la Californie, il n'était que de $\frac{800}{1.000}$ à $\frac{900}{1.000}$.

men, à foncer à leurs propres frais 6 mètres de puits, en échange d'un intérêt de moitié dans la mine future: les trois premiers mètres ne rapportèrent pas moins de 40.000 francs. Depuis lors, le minerai n'a pas cessé d'être fort riche, et les bénéfices successifs ont permis de développer rapidement la mine sans le secours d'aucun capital. En septembre 1877, le puits avait atteint 78 mètres et la mine occupait 9 hommes.

La puissance du filon est en moyenne de $0^m,73$; la zone payante est régulière et a de $0^m,1$ à $0^m,3$ d'épaisseur, dont quelques filets très-riches. Le remplissage est formé de zones alternatives de quartz pétrosiliceux, de feldspath avec substances chloriteuses, de matières granitiques; il contient beaucoup de spath fluor en stries ou en grains disséminés. Le seul tellurure, ou à peu près, qu'on y rencontre est la sylvanite (*). La décomposition du filon est complète jusqu'à 15 mètres de profondeur et partielle jusqu'à 30.

Le minerai est scheidé au jour et réparti en 3 classes: la 1re comprend les morceaux exceptionnellement riches; la 2e vaut 5.000 à 15.000 francs la tonne; la 3e 500 à 2.500 francs; le minerai moins riche n'est pas utilisé jusqu'ici, faute de moyen de concentration. On obtient à peu près 23 sacs de minerai de 3e classe pour un de 1re. Les trois classes de minerai sont envoyées à Black-Hawk et vendues aux *Boston and Colorado Smelting W.* Le transport de Melvina à Boulder City par voiture coûte 30 francs la tonne, et 35 francs de Boulder City à Black Hawk par chemin de fer. Du 19 juillet 1875 au 17 août 1876, la Melvina avait reçu à Black Hawk, en payement de ses minerais, la somme de 320.000 francs; pendant la même période, ses frais d'extraction et de transport au-

(*) Aussi la proportion de l'or à l'argent y est-elle plus grande que dans d'autres filons.

raient été de 60.000 francs environ : soit 80 p. 100 de bénéfice net.

American. — Au nord de Salina s'élève la colline de Sunshine, sur le versant nord-est de laquelle se trouve le village du même nom. Deux mines méritent d'y être citées, l'American et la Grand View.

L'American est une des premières mines ouvertes dans le pays des tellurures. En août 1877, elle avait 100 mètres de profondeur. Le minerai est formé principalement de quartz imprégné et moucheté de tellurures, surtout de sylvanite, avec quelques fils d'or natif et un peu de sulfures métalliques. La 1re classe de minerai, valant 25.000 à 30.000 francs la tonne, est expédiée vers l'est, à Omaha; la 2e, valant 3.500 à 5.000 francs, est envoyée à Black Hawk; la 3e, valant 500 à 1.250 francs, est vendue à Boulder City. Puis viennent les minerais qui auraient besoin de concentration; en avril 1877, les haldes représentaient près de 800 tonnes valant chacune 250 à 300 francs. La production totale de la mine, pendant les 30 premiers mois de son exploitation, aurait atteint 950.000 francs.

En août 1877, les journaux américains annonçaient que l'American venait d'être acquise par une compagnie de New-York, au prix énorme de 5 millions de francs. Si excellente que soit cette mine, sa valeur semble hors de proportion avec une telle somme.

Red Cloud et *Cold Spring.* — A moins d'un kilomètre en amont de Salina, le Gold Run Creek est rencontré par le ravin de Silver City Gulch, où se trouve l'Ingraham, dont le minerai est formé de quartz mélangé de plus ou moins de feldspath, avec petzite, galène et pyrites.

Si l'on remonte le Gold Run Creek, on arrive, au bout de plusieurs kilomètres vers le nord-ouest, à la petite localité de Gold Hill, auprès de laquelle les tellurures du Colorado ont été découverts en mai 1873 à la Red Cloud. Cette mine et la Cold Spring, qui lui est intimement liée,

offrent un cas intéressant, mais particulier : elles sont situées de part et d'autre d'un dyke de porphyre recoupant les roches métamorphiques du pays. Le remplissage filonien est interposé entre le dyke et ses épontes; la gangue est formée de quartz avec pyrites, mélangé de feldspath près de la roche encaissante; la démarcation est nette au contact du dyke et confuse du côté des épontes. La puissance des deux filons pris ensemble varie de 0^m,15 à 1^m,8. Au centre du remplissage, se trouve une zone très-riche en tellurures, surtout en sylvanite et en hessite.

Slide. — Cette mine est située sur le versant nord de la colline de Gold Hill, dans le Left Hand Creek, à 16 kilomètres de Boulder City et à moins d'un kilomètre de Gold Hill. Le filon est suivi en profondeur par un puits de 52 mètres et en direction par plusieurs galeries, dont une de 42 mètres à 5 mètres sous l'orifice du puits et une de 100 mètres à 20 mètres plus bas. On trouve au mur le gneiss et au toit un dyke de porphyre (sans doute postérieur au remplissage). La puissance est de 1 à 3 mètres, dont plusieurs zones payantes. La gangue est formée de quartz; les tellurures, parmi lesquels la petzite domine, se présentent surtout au mur; ils sont accompagnés d'une proportion inusitée et parfois prédominante d'or libre en nodules de dimensions variables (depuis les plus fines particules jusqu'à d'assez gros morceaux); les pyrites de fer et de cuivre, ainsi que la galène et la blende, en mouches ou en filets, sont abondants, surtout au toit. Les travaux préparatoires, puits et galeries, avaient produit du milieu de 1875 au milieu de 1877 : 1° 82 tonnes de minerai riche vendues en moyenne 1.750 fr. chacune (ce qui correspond à 300 fr. par mètre carré du plan du filon); 2° 125 tonnes de minerai pauvre valant en moyenne 200 fr. chacune et devant être concentrées (dans un rayon de 8 kilomètres se trouvent des ateliers de préparation mécanique, auxquels le transport coûtera environ 11^f,5 par tonne).

Le *Corning tunnel*, galerie de recherche ouverte sur le même versant nord de la colline de Gold Hill à 135 mètres au-dessus de sa base, recoupe à 288 mètres de son orifice et à 150 mètres sous la surface, un filon de tellurures puissant de 4 mètres et divisé en plusieurs branches, qui, d'après sa position et son minerai, est sans doute le prolongement en profondeur du filon de la Slide. C'est le septième filon recoupé jusqu'ici par le Corning tunnel; le troisième (Bonanza) a 2 à 3 mètres de puissance et possède un minerai de pyrites de basse teneur. Cette galerie de recherche, d'une grande importance pour l'avenir des mines de Gold Hill, a $2^m,1$ de haut sur $1^m,3$ de large; elle est percée à la main, avec deux hommes au front de taille, recevant chacun $12^f,50$ par poste de 8 heures.

Nous mentionnerons encore aux environs de Gold Hill les mines Victoria et Cash. Enfin nous citerons, au nord de la zone des tellurures, les mines Smuggler et John Jay. La première, datant d'avril 1876, est aujourd'hui une des plus productives du pays des tellurures; ses minerais pauvres sont concentrés.

§ 3. — TRAITEMENT.

Le minerai de tellurures était un produit nouveau pour le mineur du Colorado. On s'aperçut bientôt qu'il ne s'amalgamait pas, se grillait mal et se concentrait difficilement; on ne trouva aucun moyen satisfaisant de le traiter isolément. On le vendit aux grandes usines de fusion, où il fut associé en très-faible proportion à d'autres minerais et traité en sous-ordre d'après des formules diverses. Telle a été jusqu'à ce jour l'unique destination des minerais de tellurures du comté de Boulder. La plus grande partie est envoyée aux *Boston and Colorado Smelting W.* de Black Hawk; une portion notable va aujourd'hui aux *Boyd's Smelting W.* de Boulder City; des usines à fusion de Golden City, de Denver, en ont aussi consommé.

Nous donnons plus loin l'échelle des prix d'achat des minerais à Black Hawk, d'après les teneurs en or et en argent (*). Pour les tellurures du comté de Boulder, on peut dire que les prix payés par l'usine n'indemnisent le mineur de ses frais qu'autant que le minerai vaut 400 à 500 francs par tonne, suivant les conditions d'exploitation et de transport. Ces chiffres pourront s'abaisser, mais d'une manière relativement insignifiante, par suite du développement des mines et de l'amélioration des moyens de communication. Ainsi les minerais riches sont seuls directement utilisables; seuls ils ont été utilisés jusque dans ces derniers temps, les minerais de teneurs moyenne et basse, c'est-à-dire l'immense majorité des quantités extraites, étant jetés sur les haldes. Dans ces conditions, le nouveau district minier, si exceptionnelle que fût la valeur des poches et colonnes d'enrichissement de ses filons, ne devait et ne put se développer. Le besoin universellement senti de l'utilisation des classes pauvres de minerai fit éclore plusieurs procédés fantaisistes et basés sur des réactions imaginaires. Les essais faits dans cette voie, en l'absence de toute notion scientifique et parfois dans un but unique de spéculation, aboutirent à des insuccès complets et souvent à des ruines financières, qui augmentèrent le discrédit de l'industrie minière de l'Ouest et la répugnance des capitaux de l'Est à s'y porter. En résumé, arrêt des travaux dans un nombre toujours croissant de mines, manque de ressources chez la plupart, découragement presque général, telle est la situation du pays des tellurures en automne 1876, quand enfin l'attention se porta sérieusement vers la préparation mécanique.

Les premières tentatives ne furent pas encourageantes; le minerai se montra particulièrement difficile à concentrer; avec les appareils ordinaires, tables à secousses, cri-

---

(*) Voir page 199.

bles à eau, les pertes étaient énormes. En effet, les tellurures sont disséminés dans leur gangue, quartz avec pirytes généralement, à l'état d'imprégnation extrêmement divisée ou de mouches cristallines très-cassantes. Un bocardage insuffisant donne des grains complexes, impossibles à concentrer, et des écailles et poussières fort riches, mais partant dans les slimes. Une pulvérisation fine et soignée est indispensable pour séparer les minéraux de leur gangue; concentrer la pulpe ainsi obtenue est chose délicate; on y réussit aujourd'hui à l'aide d'un nouvel appareil, qui mérite de fixer notre attention.

Frue Vanning Concentrator (*fig.* 8 et 9, Pl. IV). — La courroie Brunton est, en principe, un simple plan incliné à décharge automatique; la courroie Hartweg reçoit en plus des secousses longitudinales; la courroie Frue reçoit des vibrations continues et transversales, d'où un mouvement de vannage analogue à celui du pan dans le lavage à la main des sables aurifères.

Un châssis A, légèrement incliné et muni d'une série de petits rouleaux, s'appuie, par l'intermédiaire de deux rouleaux extrêmes B, B', sur un fort châssis extérieur en bois C. La partie supérieure de la courroie sans fin D est portée par le châssis A et ses rouleaux; sa partie inférieure passe autour du tambour moteur E (qui est de plus relié par une petite courroie au rouleau antérieur B') et du tambour tendeur F : la courroie sans fin D reçoit ainsi un premier mouvement de transport longitudinal de bas en haut. D'autre part, le châssis extérieur C porte un arbre G avec trois petits excentriques reliés au châssis intérieur A par trois tiges H; le châssis A est relié lui-même par des fourches I aux rouleaux extrêmes B, B', dont les tourillons peuvent glisser longitudinalement dans leurs coussinets K : ainsi se trouve communiqué au châssis A et aux rouleaux extrêmes B, B', et, par suite, à la partie supérieure de la courroie sans fin D, un mouvement vibratoire et continu

dans le sens transversal. — La courroie sans fin est en toile de caoutchouc; elle a 1^m,20 de large (avec rebords sur les côtés) et environ 8 mètres de long (dont 3^m,6 formant plan incliné). Le minerai, pulvérisé et suspendu dans un courant d'eau, est débité en L; une mince nappe d'eau est distribuée en M à la tête de la courroie et sur toute sa largeur. Le tambour moteur E et la partie inférieure de la courroie plongent dans une cuve pleine d'eau N. On règle à volonté, suivant la nature du minerai et son degré de pulvérisation, l'inclinaison de la courroie (4 centim. à 6^{cm},5 p. mèt.), sa vitesse de transport longitudinal (2^m,5 à 3 mèt. p. min.), la proportion relative de minerai et d'eau débités, le nombre et l'amplitude des vibrations latérales (environ 200 vibrations doubles de 2^{cm},5 d'amplitude p. min.).

Le minerai et l'eau descendent lentement le long et en sens inverse de la courroie, et en même temps sont agités doucement par les vibrations latérales de celle-ci. Grâce à ce mouvement de vannage, les matières *lourdes et fines* se séparent et vont au fond; dès qu'elles ont touché la toile de caoutchouc, elles y adhèrent, et, malgré les vibrations et le courant, ne la quittent plus et remontent avec elle; quand la courroie renversée traverse la cuve d'eau, elles s'en détachent et se déposent. D'autre part, le vannage et le courant d'eau maintiennent en suspension les matières relativement *légères*, de *grosseur variable et notablement plus grande* (*), et les font écouler par le bas.

Le Frue Vanning Concentrator a débuté dans la préparation mécanique des minerais d'argent natif du lac Supé-

(*) C'est autant une question de dimension que de poids spécifique. Tandis que les matières *lourdes* et *fines* descendent et adhèrent au caoutchouc, les matières *lourdes et relativement grosses* restent en suspension et sont évacuées, comme le prouve le succès du Frue Concentrator dans le lavage des sables marins

rieur. Il se répand beaucoup aux États-Unis (*). Au Colorado, avec les minerais pauvres de tellurures, il est arrivé, après une période de tâtonnements, à donner un rendement satisfaisant. On compte, à la fin de 1877, dans le comté de Boulder, 28 de ces appareils répartis dans 12 ateliers.

L'*Everitt and C°'s Mill*, dans le Four Mile Creek, possède une machine de 25 chevaux, un concasseur Blake, 10 bocards (avec 2 chargeurs automatiques), 4 Frue concentrators (**) (alimentés par un classeur); il occupe 5 hommes et passe 13 à 15 tonnes par 24 heures. La valeur des minerais traités aurait varié entre 50 francs et 500 francs, et celle des produits concentrés entre 250 et 4.500 francs. Le minerai ne passe que sur une courroie; les stériles (valant 10 à 22 francs) sont rejetés. Le trop-plein de la cuve à eau, sous la courroie, s'écoule dans de longues caisses, où se dépose une certaine quantité de minéral resté en suspension (environ 5 p. 100 du minerai primitif), valant 10.000 à 30.000 francs la tonne.

On estime que les minerais de tellurures doivent valoir 100 francs à 125 francs par tonne pour payer le transport aux ateliers de préparation et la concentration. Sans donner de chiffre formel et en faisant la part des exagérations, nous dirons que le progrès réalisé est fort important pour l'avenir du pays des tellurures. Dès le milieu de 1877, le district minier livrait aux usines de fusion plus de minerais sortant des ateliers de préparation que de minerais riches provenant directement des mines.

---

aurifères de l'Orégon (grains ferrugineux avec or libre en particules très-fines).

(*) Colorado, Arizona, Orégon, Californie, Nevada, Idaho, Missouri, Maryland. — Canada. — Angleterre, Cornouailles.

(**) Plus exactement, l'Everitt and C°'s Mill possède deux Frue Concentrators doubles; l'appareil double se compose de deux appareils simples accolés, ayant un arbre à excentriques communs et un même tambour moteur.

REVUE

DE

L'INDUSTRIE MINIÈRE ET MÉTALLURGIQUE DU COLORADO (ÉTATS-UNIS) EN 1876

Par M. G. ROLLAND, ingénieur des mines.

§ 1. — PRODUCTION. — MINES.

L'État du Colorado (*) occupe depuis 1874 la troisième place parmi les États et Territoires de l'Union Américaine producteurs de métaux précieux. Les sommes totales d'or et d'argent produites pendant les années 1872, 1873, 1874 et 1875 (**) sont évaluées approximativement de la façon suivante par M. R. W. Raymond :

ÉTATS ET TERRITOIRES.	1872.	1873.	1874.	1875.
	francs.	francs.	francs.	francs.
Arizona	3.125.000	2.500.000	2.435.000	3.750.000
Californie	95.215.000	90.129.000	101.503.000	88.766.000
Colorado	23.307.000	20.101.000	25.943.000	26.514.000
Idaho	13.479.000	12.500.000	9.400.000	8.750.000
Montana	30.342.000	25.890.000	19.224.000	17.868.000
Nevada (***)	127.744.000	176.273.000	177.261.000	202.392.000
New-Mexico	2.500.000	2.500.000	2.500.000	1.625.000
Oregon et Washington	10.000.000	7.929.000	3.818.000	6.235.000
Wyoming	500.000	250.000	»	»
Utah	12.226.000	18.891.000	19.558.000	15.688.000
Autres sources	1.250.000	1.250.000	500.000	2.500.000
Total	319.718.000	358.213.000	362.142.000	374.088.000

La production totale du Colorado en 1876 représente une valeur de 30.946.182 francs, se décomposant à peu près comme il suit :

(*) En 1876, l'année même du centenaire de l'indépendance américaine, le Colorado a été élevé par le Congrès au rang d'État de l'Union.

(**) Productions de 1869 à 1871, *Annales des mines*, 7e série, t. VI, p. 61.

(***) En 1876, la production du Nevada en or et argent a atteint 250 millions de francs.

	francs.
Argent	16.636.182
Or	13.500.000
Cuivre	450.000
Plomb	360.000
Total	30.946.182

Voici les productions respectives des divers comtés de l'État en 1875 et 1876 :

NOMS DES COMTÉS.	1875.	1876.
	francs.	francs.
Gilpin	7.603.385	10.527.723
Clear Creek	8.900.271	9.912.741
Park	3.581.293	2.750.224
Boulder	3.306.034	2.735.426
Summit	612.068	1.750.000
Fremont	1.474.137	1.255.600
Lake	521.293	454.500
Pays de San Juan	452.586	1.227.600
Provenances diverses	703.312	332.368
Total	27.154.379	30.946.182

L'accroissement de production du Colorado de 1875 à 1876 a porté principalement sur l'or, la baisse de l'argent ayant entravé le développement de plusieurs districts argentifères. Les augmentations les plus notables ont eu lieu dans les comtés de Gilpin et de Summit et dans le pays de San Juan. Il y a eu diminution dans les comtés de Boulder, de Fremont et de Park, par suite du chômage de quelques mines et de l'appauvrissement de certaines autres.

Les gisements aurifères du *comté de Gilpin*, visités en 1873 par M. Burthe et décrits par lui dans les *Annales des mines* (*), prennent une importance de plus en plus grande. De 1875 à 1876, la production du comté a augmenté de 40 p. 100; en 1876, elle s'est décomposée ainsi :

	francs.
Or	9.394.091
Argent	757.848
Cuivre	353.363
Plomb	22.421
Total	10.527.723

Les mines Bobtail, Gregory, Gunnel et Kansas sont les principales; une centaine d'autres filons sont l'objet d'exploitations

(*) P. L. Burthe, *Annales des mines*, 7e série, tome V, page 285.

sérieuses. Le minerai, formé de pyrites aurifères avec gangue quartzeuse, est divisé en deux classes : le *smelting ore*, tenant en moyenne 3 ozs. d'or à la tonne(*) (0,103 p. 1.000), 8 ozs. d'argent (0,3 p. 1.000), et 3 p. 100 de cuivre, vendu tel quel aux usines de fusion (Black Hawk), et le *mill ore*, tendant en moyenne moins d'une once d'or (0,034 p. 1.000) et 1,5 ozs. d'argent (0,05 p. 1.000), allant aux mills (Central City, Black Hawk), où il est bocardé et amalgamé. L'extraction totale en 1876 a atteint 141.117 tonnes, dont 125.867 de mill ore.

Les gisements argentifères du *comté de Clear Creek* ont également été visités et décrits par M. Burthe (**). La production du comté en 1876 se décompose ainsi :

	francs.
Argent	9.186.936
Or	475.805
Plomb	250.000
Total	9.912.741

Les mines sont nombreuses; nous citerons, sur les monts Brown, Sherman et Republican, les mines Dives, Pelican, Coldstream, Brown, Mammoth, Terrible et Silver Ore; sur le mont Democrat, les mines Polar Star, Rogers et Emma; sur le mont Leavenworth, la mine Tilden, etc. Le minerai, formé de blendes et galènes argentifères avec gangue quartzeuse, est divisé en quatre classes : la première, tenant 250 ozs. d'argent à la tonne (8,5 p. 1.000), et au delà, est expédiée à Saint-Louis et dans l'est des États-Unis; — la seconde, tenant 150 à 250 ozs. d'argent (5,1 à 8,5 p. 1.000), si elle renferme moins de 20 p. 100 de plomb, est envoyée aux usines de fusion pour matte (Black Hawk); sinon, aux usines à plomb (Golden City); — la troisième, tenant 75 à 150 ozs. d'argent (2,6 à 5,1 p. 1.000) et moins de 20 p. 100 de plomb, est vendue aux usines d'amalgamation et de traitement humide (Georgetown); — la quatrième, tenant de 10 à 75 ozs. d'argent (0,3 à 2,6 p. 1.000), va aux ateliers de préparation mécanique soit par voie humide, soit par voie sèche. Sur 20.575 tonnes extraites en 1876, 11.000 ont dû être préparées mécaniquement.

(*) La mesure de poids des minerais est la *tonne* de 2.000 *livres avoirdupois* = 907k,184. La richesse en métaux précieux s'estime en *ounces* (*ozs.*) *troy* (1 oz. troy = 31g,103) par tonne. Une tonne de 2.000 *lbs. av. d. p.* = 29.166 ozs. troy. Une richesse de 100 ozs. est donc un peu plus de 1/3 p. 100 en poids (E. Sauvage, *Annales des mines*).

(**) P. L. Burthe, *Annales des mines*, 7e série, tome V, p. 302.

Les premières mines du *comté de Park* datent de 1872; sa production en 1876 se décompose ainsi :

	francs.
Argent	2.224.709
Or	464.435
Cuivre	61.080
Total	2.750.224

Le *comté de Boulder* contient, d'une part le district des tellurures d'or et d'argent, qui fait l'objet de la notice précédente; d'autre part, au sud-ouest, le district argentifère de Caribou, devenu célèbre par la récente catastrophe financière dont il a été le théâtre. Voici les productions respectives de ces deux districts en 1875 et 1876 :

	1875.	1876.
District de Caribou	1.295.000	300.000
District des tellurures (et placers (*))	2.011.034	2.435.426
Total	3.306.034	2.735.426

La colline de Caribou et ses environs, visités dès 1860 par les chercheurs d'or, fut explorée de nouveau vers 1870, après que Georgetown fut devenu un centre argentifère important. On ouvrit alors la fameuse mine d'argent de Caribou; la richesse extrême du filon découvert attira un grand nombre de mineurs vers le nouveau district, qui se couvrit de concessions et compta bientôt plusieurs exploitations rémunératrices. Mais, en 1873, la mine Caribou était vendue à une compagnie hollandaise au prix exorbitant de 15 millions de francs. Au bout de deux ans, la nouvelle société s'effondrait sous le poids de ses charges et entraînait toutes les entreprises voisines dans sa chute. Enfin, après une année de stagnation complète, la mine Caribou fut achetée au prix de 350.000 francs. Au commencement de 1877, les travaux avaient été vigoureusement repris. Après la mine Caribou, profonde de 180 mètres, nous citerons la mine Native Silver ouverte sur le même filon et profonde de 90 mètres. L'ensemble des mines environnantes occupe une zone longue de $6^k,5$ et large de $0^k,8$, dirigée à peu près de l'est à l'ouest, et traversant les collines de Caribou, d'Idaho et de Boulder

(*) La production des placers du comté de Boulder est relativement peu importante.

County. La colline de Caribou est sillonnée presque en tous sens par de nombreux filons argentifères, qui peuvent se classer en trois groupes d'âges différents, le groupe est-ouest étant le plus ancien. Le minerai est quartzeux; il renferme un peu de plomb, de cuivre, de zinc et de fer (environ 8 p. 100 en tout); l'argent s'y trouve à l'état de sulfure noir et à l'état natif. Les roches du pays sont le granite et le gneiss. Le versant oriental de la colline est traversé par un grand dépôt de fer magnétique, qui a été suivi sur des kilomètres entiers et a de 15 à 30 mètres de largeur.

La production du *comté de Summit* en 1876 se décompose ainsi :

	francs.
Argent et plomb	1.000.000
Or (placers)	750.000
Total	1.750.000

Le *comté de Fremont* produit presque exclusivement de l'argent. Les travaux ont été temporairement arrêtés, pendant six mois de l'année 1876, sur le principal filon du comté, le Pocahontas-Humboldt, à Rosita.

La production du *comté de Lake* en 1876 se décompose ainsi :

	francs.
Or (placers)	332.500
Or (filons)	24.500
Argent et plomb (minerais expédiés)	35.000
Argent et plomb (minerais traités sur place)	62.500
Total	454.500

Le *pays de San Juan* comprend la portion sud-ouest du Colorado, savoir les comtés de Rio Grande, Hinsdale, San Juan, La Plata et Ouray. Voici sa production détaillée pour 1876 :

	francs.
Or. Comté de Rio Grande (filons)	450.000
Or. Provenances diverses (filons et placers)	45.000
Argent. Comté de San Juan (minerais traités sur place)	450.000
Argent. Comté de Hinsdale (minerais traités sur place)	12.600
Argent. Comté de Hinsdale (minerais expédiés)	225.000
Argent. Provenances diverses (minerais expédiés)	45.000
Total	1.227.600

Lignites. — Le Colorado possède de grands gisements de lignites. On distingue trois variétés : les lignites proprement dits au nord de l'État, les charbons semi-bitumineux de Cañon-City et Trinidad au sud, et les semi-anthracites à l'ouest. Ces derniers sont presque inexplorés. Les deux premières variétés, situées à

l'est et au pied des montagnes, facilement accessibles et desservies en partie par des chemins de fer, sont exploitées activement; la production a atteint 500.000 tonnes environ en 1876; le prix de vente sur le carreau varie de 10 à 15 francs la tonne et sur le marché de Denver de 20 à 30 francs suivant le transport et la qualité. La consommation des chemins de fer, des usines et des particuliers va toujours croissant. Les charbons à longue flamme du sud sont préférés pour les usages métallurgiques; ceux de Trinidad donnent un excellent coke et un bon gaz d'éclairage.

---

§ 2. — USINES. — ÉCHELLES DES PRIX.

Préparation mécanique. — Nous signalerons le nouvel et intéressant atelier de *préparation mécanique par voie sèche* (Dry Concentration Works), d'après le système Krom (*), construit à Georgetown par la *Clear Creek C°* et achevé en janvier 1876, capable de 50 tonnes par vingt-quatre heures et traitant des minerais de blende, galène et pyrites. La concentration par voie sèche fonctionne également à Lake City dans les *Crooke's Works* (50 tonnes).

Les appareils ordinaires de *préparation mécanique par voie humide* sont employés dans les établissements de *Silver Plume*, Siver Plume; 40 tonnes (blende, galène et pyrites); — de *Hunt*, Orodelfan; 10 tonnes (pyrites et tellurures); — de *Cottom*, Idaho, Black Hawk et Golden City (pyrites et galène); — etc. Nous avons décrit le *Frue Vanning Concentrator* (**), à l'aide duquel on est arrivé à concentrer les minerais de tellurures du comté de Boulder; on trouve également ce nouvel appareil à Nederland, concentrant les tailings des tables de cuivre (***), et à Lake City traitant les poussières refusées par le crible à air du système Krom.

Nous classerons les usines d'après les modes de traitement, par fusion, par amalgamation et par voie humide. Nous terminerons par les échelles des prix d'achat des minerais aux usines.

(*) La préparation mécanique par voie sèche sera l'objet d'une note spéciale.
(**) Voir la *Notice sur les Tellurures*, page 174.
(***) Voir page 186.

I. — TRAITEMENTS PAR FUSION.

1° *Boston and Colorado Smelting Works*, Black Hawk, comté de Gilpin. — Capacité, 70 tonnes.

L'usine de Black Hawk, de beaucoup la plus importante du Colorado, a été décrite par M. E. Sauvage dans les *Annales des mines* (*), et par M. T. Egleston dans les *Transactions of the American Institute of Mining Engineers* (**).

L'approvisionnement de l'usine comprend, en grande majorité, des minerais de pyrites aurifères, smelting ore et tailings concentrés, du comté de Gilpin ; des minerais argentifères des comtés de Clear Creek (minerais de 2ᵉ classe tenant moins de 20 p. 100 de plomb), de Park et de Fremont ; en sous-ordre, des minerais de tellurures d'or et d'argent du comté de Boulder, qui sont relativement très-riches (leur consommation a notablement augmenté depuis quelque temps). L'usine reçoit aussi les mattes riches de l'établissement d'*Alma*, comté de Park (capacité, 20 tonnes), à la même compagnie. La valeur totale de l'or, de l'argent et du cuivre sortis, en 1876, des Boston and Colorado Smelting Works, a atteint 9.440.550 francs ; elle se décompose ainsi par métaux produits et par provenances des minerais traités :

COMTÉS.	OR.	ARGENT.	CUIVRE.	TOTAL.
	francs.	francs.	francs.	francs.
Gilpin	2.673 000	594.000	353.250	3.620.250
Clear Creek	24.300	2.380.500	»	2.404.800
Park	175.500	2.061.000	63.000	2.299.500
Boulder	387.000	220,500	»	607.500
Fremont	»	459.000	»	459.000
Provenances diverses	»	»	»	49.500
Total	3.259.800	5.715.000	416.250	9.440.550

Depuis 1874, la formule du traitement a subi quelques modifications ; elle comprend aujourd'hui les opérations suivantes, pour le détail desquelles nous renvoyons à la notice de M. Sauvage, et

(*) *E. Sauvage*, Notice sur la Méthode de traitement des Minerais d'or et d'argent suivie à l'Usine de Black Hawk (Colorado), *Annales des mines*, 7ᵉ série, tome VIII, page 36.

(**) *T. Egleston*, The Boston and Colorado Smelting Works. *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*; vol. IV, page 276.

dont nous devons les résultats à M. Pierce, métallurgiste de l'usine de Black Hawk. — Grillage des minerais. On laisse aux minerais d'or 4 à 5 p. 100 de soufre, et 2 à 3 p. 100 aux minerais d'argent. — Fonte pour matte première. Le lit de fusion comprend des minerais de pyrites aurifères grillés ou riches non grillés (les menus et tailings concentrés sont toujours grillés); des minerais argentifères grillés (sauf s'il y a très-peu de blende et beaucoup de quartz); des minerais de tellurures non grillés; des scories riches. La matte contient en moyenne 35 p. 100 de cuivre, 30 p. 100 de soufre, 25 p. 100 de fer, 4 p. 100 de plomb, 3 p. 100 de zinc, 3 p. 100 d'antimoine et d'arsenic, et environ 200 ozs. d'argent (6,8 p. 1.000) et 30 ozs. d'or (1,028 p. 1.000). La scorie contient en moyenne 5 ozs. d'argent (0,171 p. 1.000) et pas d'or; elle est rejetée. — Première désargentation. Procédé Ziervogel. Broyage et grillage de la matte première pour sulfate d'argent. Lessivage, précipitation et purification de l'argent; on extrait environ 9,5 p. 100 de l'argent du minerai. Précipitation du cuivre. — Fonte pour matte seconde des résidus du lessivage avec addition de minerai sulfurés et quartzeux très-riches. La matte contient en moyenne 75 p. 100 de cuivre, des traces de plomb, zinc et antimoine, environ 100 ozs. d'argent (3,4 p. 1.000) et tout l'or des minerais. La scorie est repassée à la fonte pour matte première. — Désaurification de la matte seconde par un procédé tenu secret. — Seconde désargentation. Procédé Ziervogel. On extrait environ 80 p. 100 de l'argent restant. — Fonte pour cuivre noir des résidus du lessivage (au four à réverbère) avec addition de charbon en poudre. Le cuivre noir contient en moyenne 95 à 96 p. 100 de cuivre, 2 p. 100 de fer, 2 p. 100 d'argent, et des traces d'or, d'antimoine et de soufre.

D'après M. Pierce, on retire à Black Hawk 94 p. 100 de l'argent des minerais et 98 p. 100 de leur or. Le titre de l'argent purifié atteint $\frac{999,5}{1.000}$. L'or brut obtenu tient 90 p. 100 d'or, 4 p. 100 d'argent et 6 p. 100 de cuivre.

2° *Fontes plombeuses.*

Les minerais riches en galène argentifère sont relativement peu abondants au Colorado. Les quelques usines à plomb de cet État appliquent des formules connues.

Golden Smelting Works, Golden City, comté de Jefferson; capacité, 10 tonnes. Des minerais de galène argentifère de Georgetown (2e classe) sont grillés et fondus au réverbère pour silicate de plomb. D'autre part, des minerais de pyrites aurifères sont grillés, puis fondus pour matte avec addition de minerais quartzeux très-

riches, tels que les tellurures d'or et d'argent du comté de Boulder. Le magmas plombeux et la matte sont ensuite fondus ensemble au cubilot pour matte cuivreuse et aurifère et pour plomb d'œuvre ; la scorie, tenant environ 2 ozs. d'argent (0,06 p. 1.000) et des traces d'or, est rejetée. — *Silverton Smelting Works*, Silverton, comté de San Juan ; capacité, 10 tonnes. Un minerai quartzeux de galène argentifère avec cuivre gris, tenant en moyenne 150 ozs. (5,1 p. 1.000) d'argent, est grillé et fondu au réverbère, puis traité au cubilot avec addition de calcaire et de minerai de fer pour plomb d'œuvre. — *Hall Valley Smelting Works*, Hall's Gulch, comté de Park ; capacité, 40 tonnes. Minerai de galène argentifère avec blende dans de la barytine avec quartz ; même traitement qu'à Silverton (*).

Boyd's Smelting Works, Boulder City, comté de Boulder ; capacité, 10 tonnes. On fond au cubilot pour plomb d'œuvre un assortiment tenant environ 5 p. 100 de plomb et comprenant : des minerais de tellurures d'or et d'argent ; une matte très-peu sulfurée obtenue par grillage à mort et fusion de tailings aurifères concentrés ; diverses variétés de minerais de galène argentifère, des litharges de coupellation ; de l'hématite rouge quartzeuse. La scorie tient en moyenne 1 oz. d'argent (0,03 p. 1.000) et des traces d'or ; elle est rejetée.

Nous citerons encore l'usine à plomb de *Saint-John* (25 tonnes ; galène et blende, gangue riche en barytine) et celle de *Malta* (10 tonnes ; galène et carbonate de plomb, pyrites de fer et de cuivre, quartz).

II. — Traitements par amalgamation.

1° *Procédé des mills.*

Les minerais de pyrites aurifères qui ne sont pas assez riches pour être vendus aux usines, — et c'est l'immense majorité (**), — sont traités dans les *mills*. Ils sont bocardés avec eau, puis descendent le long de tables inclinées et revêtues de feuilles de cuivre, sur lesquelles on jette une pluie de mercure. Une partie de l'or, 50 p. 100 environ, est ainsi directement amalgamée ; le reste et presque tout l'argent se trouvent dans les résidus appelés

(*) A Hall Valley, le minerai et le traitement sont les mêmes qu'à Pontgibaud, en France.

(**) Voir page 179.

tailings. Ceux-ci sont ensuite enrichis par une préparation mécanique généralement assez grossière; après concentration, ils ne retiennent guère que 15 p. 100 des métaux précieux du *mill ore* primitif. Soit 35 p. 100 de perte définitive; telle est, croyons-nous, la vérité sur le procédé des mills.

A la fin de 1876, le comté de Gilpin possédait 23 mills comptant 737 bocards; ils ont traité 125.867 tonnes de mill ore; la production moyenne par tonne sur les tables de cuivre a représenté 52f,5. Les tailings concentrés contiennent environ 1,5 ozs. d'or (0,051 p. 1.000), 6 ozs. d'argent (0,2 p. 1.000), 1 p. 100 de cuivre, avec 8 p. 100 de gangue quartzeuse.

En 1876, l'extraction, l'exploitation et le traitement au mill revenaient, aux minos Bobtail et Gregory, à 22f,50 par tonne.

2° *Procédé de Reese River*.

Le procédé de Reese River, bocardage à sec, grillage et chloruration, amalgamation à chaud. a été décrit en détail par M. Burthe dans les *Annales des mines* (*). Les principales usines du Colorado qui l'appliquent aujourd'hui sont : à Georgetown, comté de Clear Creek, le Pelican Mill (capacité, 12 tonnes) et le Judd and Crosby Mill (capacité, 12 tonnes); à Caribou, comté de Boulder, le Nederland Mill (capacité, 10 à 12 tonnes). Le grillage se fait au Judd and Crosby Mill dans un four à réverbère à 5 soles, au Pelican Mill et au Nederland Mill dans les cylindres Brückner (**). Pour l'amalgama-

---

(*) P. L. Burthe, *Annales des mines*, 7e série, tome VI, page 11.

(**) *Cylindre rotatif Brückner*. — Des nombreux fours inventés en vue de réduire les frais de grillage, la plupart ont disparu du Colorado (entre autres, le four Stetefeldt, qui n'est admissible qu'avec des minerais très-faciles à griller, comme ceux d'Austin, Nevada) et un seul, le cylindre rotatif Brückner, a fait victorieusement ses preuves. On en compte aujourd'hui 5 au Pelican Mill, 4 au Nederland Mill, 4 au Clear Creek Mill, 4 au New-Jersey Mill, etc.

M. Burthe a dit quelques mots du cylindre Brückner, encore peu usité lors de son voyage; nous insisterons davantage, en renvoyant à la *fig*. 8, Pl. II. tome VI, 7e série des *Annales des mines;* dans ce qui suit, certains renseignements sont tirés d'une note que M. T. Egleston a fait récemment paraître dans l'*Engineering* sur le même sujet.

L'enveloppe extérieure est un cylindre en tôle de chaudière de 3m,6 de long et 1m,65 de diamètre, placé horizontalement; au centre des bases, également en tôle, sont ménagées des ouvertures circulaires, portant extérieurement des rebords et communiquant l'une avec la chauffe, l'autre avec la cheminée; au milieu du cylindre se trouve une ouverture avec porte pour le chargement et le déchargement. Autour du cylindre sont boulonnés trois bandages; les deux extrêmes reposent chacun sur deux rouleaux de friction (un des bandages est emboîté par ses rouleaux, et non l'autre); le bandage intermédiaire est une roue d'engrenage commandée par un pignon placé au-dessous, qui transmet ainsi à l'appareil un mouvement de rotation sur les rouleaux. — Le

tion, le Judd and Crosby Mill et le Nederland Mill emploient les pans, le Pelican Mill les tonneaux de Freyberg. Les frais de traitement sont de 65 francs environ par tonne au Nederland Mill, d'après M. N. H. Cone.

---

cylindre est traversé de part en part par 6 tuyaux en fonte creux (dans lesquels l'air circule librement), compris dans un plan incliné de 15° sur l'axe de l'appareil et faisant eux-mêmes 30 à 35° avec l'axe longitudinal du plan; ils portent des rainures latérales dans lesquelles sont engagées des plaques évidées; ils forment ainsi un diaphragme oblique et à jour, qui force le minerai à traverser alternativement dans un sens et dans l'autre l'entière longueur du cylindre rotatif et, d'autre part, le tamise au travers du courant des gaz. — Le cylindre est maçonné intérieurement de briques ordinaires, sauf pour les bases et leurs rebords extérieurs qui sont revêtus en briques réfractaires. Le col antérieur pénètre librement dans la paroi contiguë de la chauffe au-dessus de la grille. La grille a 1m,8 sur 0m,9. — Vis-à-vis du col postérieur se trouve l'ouverture du carneau conduisant aux chambres à poussières et à la cheminée. Une pièce inclinée en tôle, placée vers le bas du carneau, ramène dans le cylindre les poussières qui retombent. Une porte ménagée dans la paroi opposée du carneau permet de regarder à l'intérieur de l'appareil et d'y faire des prises d'essai. — Les cylindres sont rangés côte à côte, les chauffes en avant, et en arrière le massif des carneaux et des chambres recouvert d'une aire de séchage. Au-dessus est suspendue une rangée correspondante de trémies de chargement. Au-dessous se trouve soit une voie ferrée avec wagon de déchargement, soit une fosse avec une vis d'Archimède au fond. L'arbre moteur longe la série des pignons; les transmissions sont telles que chaque appareil est indépendant des autres et susceptible de deux vitesses de rotation facultatives. Chaque cylindre rotatif consomme environ 3 chevaux de force.

Le cylindre Brückner peut traiter toutes sortes de minerai. La durée du grillage augmente avec la proportion de sulfures. Le poids de la charge diminue avec les proportions de blende et de galène; quel que soit l'appareil employé, le grillage de la blende est une opération délicate; quant à la galène, elle tend à se fritter, à former des particules semi-fondues, lesquelles, dans le cylindre rotatif, s'attachent les unes aux autres en petites masses, dont le cœur est soustrait à l'action des gaz et du sel et qui doivent être repassées. Au Pelican Mill, où le minerai contient 15 à 16 p. 100 de galène et de pyrites, et parfois jusqu'à 15 p. 100 de blende, la charge est rarement supérieure et souvent bien inférieure à 1t,750, et l'opération dure au moins 12 à 13 heures et parfois jusqu'à 20 heures. Au Nederland Mill, où le minerai contient 5 p. 100 de galène, 4 p. 100 de blende et 2 p. 100 de pyrites de cuivre, la charge est de 1t,850 au maximum et l'opération de 8 heures. Avec des minerais comme ceux de surface, renfermant surtout des oxydes, la charge peut être plus forte et l'opération ne durer que 4 heures. — Voici quel est le travail au Pelican Mill, avec des minerais très-chargés de blende et de galène.

Une opération achevée, le four est prêt pour la suivante; il doit être au rouge sombre. Il est chargé par la trémie supérieure, fermé et mis en mouvement; sa vitesse de rotation pendant toute l'opération est de un demi à un tour par minute. Au bout d'une heure environ, le soufre commence à brûler. Le registre, fermé jusque-là, est ouvert; on laisse tomber le feu tant que le soufre brûle, ce qui dure 5 à 6 heures. On relève graduellement le feu, afin de poursuivre le grillage qui s'achève au rouge au bout de

III. — Traitements par voie humide.

Les usines du Colorado, qui traitent par voie humide, étant les plus récentes et n'ayant pas encore été décrites en Europe, nous arrêteront davantage.

1° *Polar Star Reduction Works*, Denver. — Capacité, 10 tonnes. En août 1876, cette usine appliquait avec succès le procédé Augustin sous la direction de M. J. Luce, métallurgiste, un de nos

5 à 6 heures. On fait alors l'addition de sel marin; pour une charge $1^t,750$ (1), on ne met pas moins de 90 à 115 kilog. de sel, suivant la richesse du minerai; les matières se gonflent bientôt par suite de la double décomposition des sulfates et du chlorure de sodium. Une heure après, la chloruration est achevée, on le reconnaît à ce que la prise d'essai, faite dans le cylindre en mouvement par la porte d'arrière du carneau, dégage l'odeur de chlore sans mélange d'acide sulfureux. On ouvre la porte latérale et l'on imprime au cylindre une vitesse de rotation plus grande; le minerai tombe dans le wagon inférieur; on l'emmène aussitôt à une aire de refroidissement sur laquelle il est rapidement étalé. — Le minerai refroidi est passé à une grille, avant d'être amalgamé; les refus de la grille sont retraités (au Pelican Mill, avec cinq cylindres, les quantités obtenues en une semaine représentent la capacité de deux cylindres en un jour). Les minerais plombeux se frittant et s'attachant aux parois des cylindres, ceux-ci doivent être raclés de temps en temps; les raclures sont repassées (avec les cinq cylindres, les quantités obtenues en une semaine représentent une charge environ). Les refus de la grille et les raclures des cylindres sont broyés et traités ensemble; la charge est alors de $1^t,5$ dont 230 kilog. de minerai neuf, avec une addition de 72 kilog. de sel. Les poussières recueillies dans les carneaux et chambres à poussières sont traitées à part avec un peu de minerai et de sel (on en obtient environ 350 kilog. par cylindre et par semaine). La consommation en combustible est de $2^{st},7$ de bois pour une charge de $1^t,750$. Les cinq cylindres occupent seulement un homme et un aide par poste de 12 heures, et ce n'est pas une main-d'œuvre spéciale.

Le prix d'un cylindre Brückner complet, enveloppe métallique et mécanismes, est, y compris le droit de brevet, de 9.000 francs à Cincinnati, et, rendu au Colorado, de 11.250 à 13.500 francs suivant les moyens d'accès. En fait de réparations, les principales portent sur le col postérieur qu'il faut changer une fois par six semaines ou deux mois, et sur le diaphragme qui dure quatre à cinq mois avec les minerais très-sulfurés et un an avec les autres. (Au Nederland Mill, M. N. H. Cone a abandonné le diaphragme et trouve que, sans lui, l'appareil fonctionne tout aussi bien et fait moins de poussières.)

Le cylindre Brückner, comparé au four à réverbère, augmente les frais de premier établissement, mais économise la main-d'œuvre, le combustible et le temps, et en somme réduit le prix de revient du grillage. D'autre part, il effectue un grillage moins soigné, croyons-nous, quoique satisfaisant, et par suite diminue un peu le rendement du minerai en argent dans le traitement ultérieur.

(1) Il s'agit ici, comme toujours avec les minerais d'or et d'argent, de la tonne de 2.000 lbs = $907^k,184$.

compatriotes, à l'obligeance duquel je dois les renseignements qui suivent (*). Elle consommait les minerais argentifères de la mine Pocahontas (Rosita), renfermant beaucoup de pyrites, d'arséniures et d'antimoniures (12 p. 100 d'arsenic et d'antimoine) dans une gangue quartzeuse avec 15 p. 100 de baryte sulfatée, et tenant en moyenne 100 ozs. d'argent (3,4 p. 1.000) et 2,5 p. 100 de cuivre.

Grillage avec sel et vapeur. — C'est la partie la plus importante du procédé, celle dont dépend le succès des opérations ultérieures. Le grillage proprement dit convertit d'abord les sulfures en sulfates, arséniures en arséniates, etc. Puis le sel réagit sur les sulfates, dégage du chlore sous l'action des vapeurs sulfureuse, etc. La vapeur d'eau donne de l'acide chlorhydrique au contact du chlore naissant et des chlorures métalliques qui sont transformés en oxydes (sauf le chlorure d'argent) : elle réalise une économie notable et opère une chloruration plus complète de l'argent.

Le four de grillage de l'usine a une sole de 12 mètres de long et $3^m,6$ de large, avec 6 portes de travail de chaque côté. La grille, de $3^m,6$ sur $0^m,25$ occupe la partie antérieure du four; elle est séparée de la sole par un pont de $0^m,1$ de haut. Sous la grille se trouvent des chambres qui servent à recevoir le minerai après grillage. La hauteur de la voûte au-dessus de la sole est de $0^m,45$ à la clef et $0^m,15$ aux naissances. Le rampant conduit à une chambre de condensation placée sous la sole et de là à la cheminée d'appel; le fond de cette chambre est cimenté et recouvert de coke humecté. Un tuyau d'amenée de vapeur débouche un peu au-dessus de la sole, à un tiers environ de sa longueur du côté de la chauffe.

Le roulement du four est continu. Le minerai (préalablement broyé, pulvérisé et passé à un tamis de 400 trous au centimètre carré) est chargé sur l'arrière de la sole et poussé graduellement vers l'avant; il doit être répandu uniformément en couche de 5 centimètres d'épaisseur et retourné constamment au moyen de râteaux en fer. Il reste en tout 10 heures dans le four, dont 4 près du rampant, où le grillage commence à basse température, et 5 au milieu de la sole, où le grillage s'achève en rouge sombre; la chloruration prend ensuite une heure. Quand la quantité grillée atteint à peu près une tonne, on l'amène près du pont; on laisse un peu refroidir, puis on ajoute le sel, 5,5 p. 100 avec le minerai en question; pendant la dernière demi-heure, on mélange les ma-

(*) M. J. Luce est actuellement professeur de chimie analytique à l'École des mines de Golden City.

tières et l'on élève graduellement la température jusqu'au rouge sombre. On défourne alors, par une trappe placée contre le pont, le minerai qui tombe dans les chambres sous la grille. — On passe ainsi 7 tonnes par jour (*).

Les fumées et poussières, avant de se dégager, traversent la chambre de condensation, et y déposent certains produits volatils (composés de l'antimoine), ou entraînés. On nettoie la chambre après chaque campagne, et l'on recueille ainsi des matières tenant en moyenne 250 ozs d'argent (8,05 p. 1.000), dont la plus grande partie est à l'état de chlorures; ces matières sont ensuite traitées par une solution salée et chlorhydrique, et les résidus du lessivage sont rejetés quand ils ne tiennent pas plus de 7 à 8 ozs. d'argent (0,25 p. 1.000).

La même usine traite également le minerai argentifère de la mine Polar Star; ce minerai renferme peu de pyrite et a une gangue calcaire; il exige 6 p. 100 de sel marin et 1,5 p. 100 de *sulfate de fer* (pour neutraliser la chaux et dégager le chlore du sel).

Dissolution. — Le minerai, grillé avec sel et vapeur, est lavé avec une solution chaude de sel marin, marquant 25° Beaumé à froid, qui dissout le chlorure d'argent. Ce lessivage est opéré dans des cuves de 3 mètres de diamètre et $0^m,9$ de profondeur, munies chacune d'un filtre en fort canevas de chanvre qui est disposé sur un châssis mobile placé au fond de la cuve. Elles sont d'abord remplies à moitié de la solution chaude; puis elles reçoivent chacune 7 tonnes de minerai, qui s'imprègnent rapidement. Les couvercles sont fermés hermétiquement pour prévenir l'évaporation. Le lessivage du minerai commence alors; la solution, introduite bouillante par un tube placé dans le couvercle, traverse lentement la masse et s'échappe par le fond au moyen d'une ouverture munie d'un tuyau, qui conduit la solution dans les cuves de précipitation. L'opération dure de 42 à 48 heures. La richesse des résidus est constatée par essai; dès qu'elle est inférieure à 3 ozs. (0,1 p. 100), la solution est remplacée par de l'eau bouillante, qui dissout les sels dont le minerai est imprégné. Les eaux de lavage sont recueillies et servent ultérieurement à la préparation d'une nouvelle quantité de solution saline.

Précipitation. — L'argent de la solution argentifère est précipité au moyen de cuivre métallique. Les cuves de précipitation ont $2^m,4$ de diamètre et $1^m,5$ de haut; elles sont munies d'étagères latérales de $0^m,6$ de large, sur lesquelles est posée une couche de

(*) De 907bis,184.

cuivre de cément, recouverte d'un canevas imbibé de paraffine; elles ont en outre chacune un agitateur circulaire qui entretient le liquide en mouvement et lui fait lécher le cuivre. L'argent cristallin précipité s'accumule sur le cuivre, mais en est séparé par le canevas; l'opération terminée, ce dernier est enlevé et lavé dans un baquet d'eau; l'argent se détache facilement, est recueilli, séché, fondu et coulé en lingots, dont le fin est d'environ $\frac{900}{1.000}$.

Le cuivre de la solution désargentée est précipité au moyen de ferraille. — Avant de servir à un nouveau lessivage, la solution doit être purifiée et débarrassée du sulfate de soude et des sels ferrugineux qu'elle contient. Le moyen le plus simple et le moins coûteux est d'y ajouter du chlorure de chaux; il se forme ainsi du sulfate de chaux peu soluble, des oxydes de fer insolubles et du chlorure de sodium.

Résultats. — Campagne de la première quinzaine d'août 1876 : 70.855 tonnes de minerai de Rosita ont été traitées; elles renfermaient en tout 203.085^{gr},84 d'argent et 1.275 kilog. de cuivre; on en a retiré 184.714^{gr},40 d'argent fin, dont 9.159^{gr},83 contenus dans le cuivre extrait; soit 9,5 p. 100 de perte totale.

Campagne de la première quinzaine d'octobre 1876: 47.009 tonnes, provenant en grande partie de la mine Polar Star, ont été traitées avec un peu de résidus repassés; le tout renfermait 229.642^{g},78 d'argent; on en a retiré 12 barres d'argent d'une finesse moyenne de $\frac{870}{1.000}$ et contenant 205.382^{g},44 d'argent fin; soit 10,5 p. 100 de perte. Remarquons que le fourneau n'ayant pu être nettoyé à la fin de cette campagne, on n'a pas tenu compte des résidus, dont le rendement aurait réduit la perte totale à 8,5 ou 9 p. 100.

Frais de traitement. — L'usine occupe le personnel suivant :

EMPLOIS.	SALAIRES.	NATIONALITÉ.
	francs.	
Directeur, chargé des achats	5.400, par an.	Américain.
Métallurgiste et essayeur	13.500 id.	Français.
Au scheidage, 1 homme	9, par jour.	Id.
Au broyage, 1 homme	9 id.	Écossais.
Au grillage, 1 contre-maître (jour)	11,25 id.	Italien.
Id. id. (nuit)	11,25 id.	Irlandais.
Id. 1 aide (jour)	9 id.	Américain.
Id. id. (nuit)	9 id.	Id.
Aux cuves, 1 contre-maître	11,25 id.	Irlandais.
Id. 4 hommes	9 id.	Id.
1 fondeur	9 id.	Allemand.
2 mécaniciens	10,15 id.	Américain.
1 voiturier et 2 chevaux	18 id.	Irlandais.
1 aide au laboratoire	9 id.	Suisse.

Les frais par jour s'élèvent, y compris le loyer, le charbon, les produits chimiques, les réparations et l'intérêt de l'argent investi, à 459 francs, qui, répartis sur 7 tonnes, donnent une moyenne de 65f,60 par tonne traitée.

2° *Stewart Silver Mill*, Georgetown, comté de Clear Creek. — Capacité, 12 tonnes.

Minerais, blendes et galènes argentifères du comté de Clear Creek, tenant moins de 20 p. 100 de plomb.

En 1874, cette usine traitait encore par amalgamation au pan le minerai préalablement grillé avec sel. M. J. O. Stewart reconnut que ce procédé donnait, avec les minerais de Georgetown du moins, un rendement fort peu satisfaisant. L'argent, après le grillage avec sel, se trouve à trois états principaux : de chlorure, d'oxyde grillé et non chloruré, de sulfure inattaqué. Les proportions relatives de ces trois éléments varient suivant la nature du minerai et la finesse du bocardage ; elles sont en moyenne et en chiffres ronds, avec un bocardage soigné, de 10, 20, 70. Or, le mercure n'attaque que le chlorure d'argent (ainsi que le peu de sulfate d'argent qui se trouve dans le minerai grillé avec sel) : d'où un rendement de 70 p. 100 environ. L'argent à l'état d'oxyde et de sulfure ne s'amalgame pas et part dans les tailings ou résidus du settler, lesquels tiennent dans tel cas jusqu'à 27 ozs. à la tonne (1 p. 1.000) (*).

On devait obtenir un meilleur rendement à l'amalgamation en poussant plus loin la chloruration du minerai, imparfaitement chloruré par le grillage avec sel. A cette fin, l'emploi des composés solubles du cuivre était indiqué. Il est reconnu que les solutions de protochlorure et de chlorure de cuivre dans l'eau salée effectuent à une température convenable la chloruration des sulfures et arséniures d'argent, ou du moins les rendent susceptibles d'une amalgamation prompte et rapide. C'est la base du procédé du patio mexicain et de ses variantes, ainsi que du procédé Washoe appliqué aujourd'hui sur une si vaste échelle au Nevada et dans tout l'Ouest des États-Unis.

La dissolution neutre de protochlorure de fer (FeCl) et de sel marin, connue sous le nom de *liqueur Hunt et Douglas* et appliquée depuis peu dans l'Est des Etats-Unis au traitement des minerais de

(*) Dans les usines où l'on applique le procédé de Reese River, on fait généralement, après le grillage avec sel, une prise d'essai, que l'on traite par l'*hyposulfite de soude*, lequel dissout le chlorure ainsi que l'oxyde libre d'argent, soit 90 p. 100 et au delà de l'argent du minerai ; il ne faut pas confondre, comme on le fait souvent, ce rendement à l'essai avec le rendement à l'amalgamation.

cuivre par voie humide (*), donne facilement et économiquement, avec tout minerai contenant des carbonates, oxydes, ou sulfures grillés de cuivre, une solution de protochlorure de cuivre (Cu^2Cl) et de chlorure de cuivre (CuCl). On sait que les solutions de chlorure de cuivre sont décomposées par les carbonates de chaux et de magnésie (à la température de 60°) et par les oxydes de zinc et de plomb de certains minerais; d'où la formation d'oxychlorures de cuivre insolubles, qui n'agissent pas sur l'argent des minerais et attaquent le mercure lors de l'amalgamation : la liqueur Hunt et Douglas, grâce au protochlorure de fer en excès, dissout les oxychlorures éventuellement produits. Par contre, la liqueur Hunt et Douglas, à cause du protochlorure de cuivre dissous dans le sel marin, tendrait à absorber rapidement l'oxygène de l'air; d'où la formation, d'une part, de chlorure et des mêmes oxychlorures de cuivre; de l'autre, de perchlorure de fer faisant perdre au bain sa

(*) Le *procédé Hunt et Douglas*, nouvelle méthode de traitement des minerais de cuivre par voie humide, a été décrit dans le *Bulletin de l'Association amicale des anciens élèves de l'École des mines de Paris* (décembre 1876). La *liqueur Hunt et Dunglas* est une dissolution aqueuse et neutre de protochlorure de fer (FeCl) et de sel marin. En digestion avec elle, la plupart des composés oxydés du cuivre se convertissent en un mélange de protochlorure (Cu^2Cl) et de chlorure (CuCl) de cuivre, qui sont dissous tous deux, le premier grâce au sel marin, tandis qu'une quantité correspondante de fer se précipite à l'état de peroxyde hydraté insoluble. Le cuivre dissous est ensuite précipité au moyen de fer métallique, qui reproduit ainsi le protochlorure de fer d'abord décomposé. La liqueur régénérée peut traiter un nouveau lot de minerai, et ainsi de suite, le seul réactif consommé étant, en principe, du fer métallique. Cette consommation est d'ailleurs considérablement réduite par ce fait que le cuivre dissous dans la liqueur Hunt et Dunglas se trouve en partie à l'état de protochlorure et ne demande que 45 p. 100 de fer pour se précipiter, tandis qu'il en exige 90 p. 100 à l'état de chlorure.

Si le minerai primitif contient 2 d'oxyde de cuivre (CuO) pour 1 d'oxydule (Cu^2O), les réactions du protochlorure de fer sur ces oxydes les transformeront intégralement en protochlorure. Si tout le cuivre du minerai est peroxydé, il s'en trouvera, après digestion dans la liqueur H. et D., un tiers à l'état de chlorure et deux tiers de protochlorure; dans ce cas, il paraît qu'en pratique on ne consomme que 3/4 de fer pour précipiter 1 de cuivre, au lieu de 1 pour 1, comme avec les autres méthodes par voie humide.

Nous avons vu appliquer avec succès le procédé H. et D. pour l'extraction du cuivre à l'usine de Phœnixville en Pennsylvanie.

On consomme à Phœnixville deux sortes de minerais. La première est un oxyde magnétique de fer, tenant environ 3 p. 100 de cuivre, principalement à l'état de pyrites, avec un peu de carbonate et de silicate de cuivre : c'est à elle que s'applique le mode de traitement décrit dans le *Bulletin de l'Association amicale*. La seconde est un nouveau et curieux composé du cuivre, savoir un *hydrosilicate de magénsie, de cuivre, d'alumine et de fer*, qui,

neutralité : mais ce double effet peut être prévenu par un courant d'acide sulfureux dirigé au travers de la liqueur.

Ces simples indications feront comprendre le procédé mixte adopté par M. Stewart et appliqué, au cours de l'année 1875, au traitement de 2.000 tonnes environ de minerai : — 1° Grillage avec sel d'un minerai un peu cuivreux (l'addition de sel dans le grillage est toujours nécessaire avec les blendes et galènes de Georgetown). — 2° Digestion à chaud dans la liqueur H. et D. marquant 15° Beaumé (pas assez concentrée pour dissoudre le chlorure d'argent), avec courant d'acide sulfureux. — 3° Traitement de la partie insoluble par amalgamation au pan. — Le rendement était sensiblement augmenté et la teneur des tailings diminuée.

Le Stewart Silver Mill brûla au commencement de 1876. Considérant le prix élevé d'établissement et d'entretien d'un atelier d'amalgamation, on songea à substituer au procédé mixte une méthode exclusivement humide. MM. Stewart et Brunton firent des expériences intéressantes, dans lesquelles le minerai, après grillage avec sel, puis digestion dans la liqueur H. et D. à 15° B.

---

pur, tient 14 p. 100 de cuivre ; cette espèce minérale semble rentrer, d'après sa formule chimique, dans la classe des *chlorites ;* M. Sterry Hunt propose pour elle le nom de *vénérite*.

Ces minerais de cuivre proviennent tous deux de la mine Jones, en Pennsylvanie, où l'on exploite depuis un siècle un grand gisement de fer magnétique. Celui-ci est en couches massives intercalées dans des schistes tendres, sans doute primitifs ; il est associé à plus ou moins de pyrites cuivreuses, dont la proportion à certains niveaux augmente jusqu'à donner un minerai de cuivre. D'autre part, au milieu de ces schistes tendres et décomposés, se trouvent interstratifiés des bancs irréguliers et alternant d'une matière verdâtre et terreuse, qui est formée de la susdite chlorite cuivreuse dans un état de pureté variable, et tient en général 3 à 6 p. 100 de cuivre ; certains bancs de 0m,01 d'épaisseur, et davantage, tiennent jusqu'à 10 et 12 p. 100.

L'hydrosilicate de magnésie, d'alumine et de fer est infusible. Il est décomposé par les acides forts, mais ne saurait être traité économiquement par eux. Il est à peine attaqué, avant ou après calcination, par la liqueur H. et D. (qui attaque à chaud la chrysocole, simple silicate de cuivre). Mais il cède facilement son cuivre à cette liqueur, quand il a été préalablement chauffé en vase clos jusqu'au rouge sombre avec une matière carburée, ce qui réduit le cuivre du silicate à l'état métallique, puis refroidi au contact de l'air, ce qui réoxyde le cuivre et le convertit en un mélange d'oxyde et de protoxyde. Tel est le principe du traitement imaginé par M. Sterry Hunt et suivi à Phœnixville. Le minerai de seconde sorte est mêlé à du goudron de houille, réduit dans de grands fours à moufles verticaux, refroidi à l'air, et mis ensuite dans la liqueur H. et D.

Le nouveau minerai de cuivre et sa métallurgie ont été décrits par M. T. Sterry Hunt, et e ours à moufles, par M. B. Silliman, dans les *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, vol. IV, 1875-1876.

avec courant d'acide sulfureux, était repris par une solution d'hyposulfite de chaux chauffée à 60°, d'où l'argent dissous était ensuite précipité par du sulfure de calcium, et qui était enfin régénérée au moyen d'acide sulfureux.

De nouveaux essais basés sur l'emploi exclusif de la liqueur H. et D., aussi bien pour la chloruration que pour la dissolution de l'argent, conduisirent à une formule de traitement plus économique et finalement adoptée pour le nouveau Stewart Silver Mill, savoir : — 1° Grillage avec sel d'un minerai un peu cuivreux. — 2° Digestion à chaud dans une première liqueur H. et D. marquant 25° B. à froid (ce qui correspond à 20° de sel marin et il faut 23° B. de sel marin à froid pour dissoudre le chlorure d'argent; il y aura donc simplement chloruration de l'argent) avec courant d'acide sulfureux. — 3° Digestion dans une seconde liqueur H. et D. marquant 28° B. (ce qui correspond à 23° de sel marin; il y aura donc dissolution du chlorure d'argent). — 4° Précipitation de l'argent dissous au moyen de cuivre de cément, et ensuite du cuivre au moyen de ferraille.

Théoriquement, il ne devrait pas y avoir consommation de cuivre et la seule consommation de fer devrait être la ferraille précipitant le cuivre. Pratiquement, les minerais zingueux et plombeux de Georgetown doivent contenir, par composition ou par addition de *pyrites*, au moins 1 p. 100 de cuivre (*) et 3 p. 100 de fer.

Le minerai grillé avec sel(au Stewart Mill. le grillage se fait au four à réverbère) est amené sur wagons et culbuté dans de grandes cuves munies d'agitateurs; il y a 6 cuves rangées en ligne. Chacune reçoit environ 2 tonnes de minerai, puis 3.800 litres de liqueur H. et D. marquant 28° B. à froid, laquelle est prise à des cuves de réserve situées à un étage supérieur. L'agitateur est mis en mouvement à la vitesse de 25 tours par minute. On injecte de la vapeur d'eau à 2 ou 2,5 atmosphères de pression, jusqu'à ce que la température du bain atteigne 70° (le bain ainsi étendu ne marquerait plus guère que 25° B. à froid). On fait également arriver un courant d'acide sulfureux sous faible pression (**). Au bout de 5 heures, on arrête l'agitateur, et on laisse déposer pendant 2 heures. On décante (en débouchant de haut en bas une série de trous ménagés dans la paroi de la cuve), ce qui prend 1 heure : la liqueur n'est

(*) Le cuivre ne devra donc être payé par l'usine qu'au delà de 1 p. 100.

(**) Produit par grillage au moufle de pyrites ou blendes, qui sont traitées ensuite avec le minerai grillé au sel dans les réverbères.

que très-faiblement argentifère. — On verse alors de nouveau 3.800 litres de liqueur H. et D. marquant 28° B. à froid, mais on n'admet plus ni vapeur d'eau, ni acide sulfureux. On agite pendant 3 heures à la même vitesse, puis on laisse déposer et l'on décante : la liqueur tient environ 3.890 grammes d'argent dissous à l'état de chlorure.—On renouvelle la dernière opération deux ou trois fois, suivant la richesse du minerai.

Au sortir de la cuve à agitateur, les liqueurs décantées traversent une caisse munie d'un filtre, puis de petites caisses remplies de cuivre en tôle découpée et de cuivre de cément, où l'argent se précipite (en contre-bas de chaque cuve à agitateur, se trouvent une caisse à filtre et trois séries de quatre caisses à cuivre, dont deux en opération et une en nettoyage). Ces caisses sont échelonnées sur un des côtés de la ligne des cuves à agitateurs; des caisses à cuivre extrêmes les liqueurs tombent toutes dans une rigole longitudinale, qui les amène à un dernier appareil de désargentation (cuve avec agitateur et étagères latérales couvertes de cuivre), puis elles traversent une toile qui retient les particules d'argent de cément en suspension. Elles passent ensuite dans une série de six caisses remplies de ferraille, où elles se dépouillent de l'excès de leur cuivre. Elles s'écoulent enfin dans un réservoir inférieur, d'où une pompe les refoule aux cuves de réserve supérieures.

De l'autre côté, chaque cuve à agitateur est accompagnée d'une grande cuve avec filtre, en contre-bas. La dernière décantation opérée, on ouvre une bonde inférieure et faisant tourner lentement l'agitateur, on expulse la pulpe dans la cuve à filtre. Après filtration, on lave à l'eau chaude. Les résidus lavés sont évacués au moyen d'un jet d'eau et rejetés. Les eaux de filtration et de lavage passent par quatre caisses à fer, puis elles vont à un grand bassin d'évaporation chauffé par les gaz perdus, où elles se concentrent jusqu'à 25° B.; elles traversent ensuite un filtre, et s'écoulent enfin dans le réservoir inférieur, d'où elles sont élevées, comme les premières, aux cuves de réserve. Avant de servir de nouveau, toutes les liqueurs élevées aux cuves de réserve doivent être ramenées à 28° B. à froid, par addition de sel; on consomme ainsi en sel 3 à 4 p. 100 du minerai.

On compte une charge de 2 tonnes par cuve à agitateur et par 24 heures. L'atelier des cuves n'occupe que deux hommes par poste de 12 heures; pendant le jour, un homme supplémentaire nettoie les caisses à cuivre (une fois tous les trois jours) et les caisses à fer une fois par semaine).

3° *Clear Creek Mill*, Georgetown, comté de Clear Creek. — *New Jersey Mill*, Caribou, comté de Boulder.

La Clear Creek C°, dont M. F. M. Taylor est directeur et M. D. W. Brunton, métallurgiste, possède à Georgetown : 1° l'atelier de préparation mécanique par voie sèche déjà signalé ; 2° une usine pour traitement humide des blendes argentifères du pays, achevée en septembre 1876. Le procédé du Clear Creek Mill est une variante simplifiée de celui du Stewart Mill ; la chloruration et la dissolution de l'argent, au lieu d'être l'objet de deux opérations distinctes, sont effectuées simultanément dans une liqueur Hunt et Douglas à un degré de concentration suffisant. L'usine, située en contre-bas de l'atelier de préparation (les blendes pyriteuses sont consommées par l'usine et les galènes sont vendues), comprend elle-même trois corps de bâtiments étagés à flanc de coteau ; dans le premier sont les bocards et les aires de séchage ; dans le second se trouvent, à l'étage inférieur, les cylindres Brückner et leurs chambres à poussières recouvertes d'évaporateurs, et à l'étage supérieur, les trémies de chargement des cylindres et les cuves de réserve pour la liqueur H. et D. ; le troisième comprend, en allant de haut en bas, les agitateurs, les settlers, les caisses à cuivre et à fer, les réservoirs collecteurs avec pompes foulantes.

La New Jersey C°, à laquelle appartient la mine Native Silver à Caribou, possède sur place une usine pour le traitement de ses minerais ; cette usine, construite par M. Brunton, a été achevée en 1876. Même traitement qu'au Clear Creek Mill ; même disposition générale. Capacité, 10 tonnes. Concasseur Blake, 19 bocards, four à reverbère à 5 soles, 5 cuves de réserve, 8 agitateurs, 5 settlers, 12 caisses à cuivre, 7 à fer ; machine à vapeur de 50 chevaux.

Nous citerons enfin les usines suivantes qui traitent par voie humide : le *North Boulder M.*, North Boulder (10 tonnes ; minerais de Caribou) ;—les *Pennsylvania W.*, Rosita (12 tonnes ; sulfures d'argent, cuivre gris et galène dans une gangue de barytine) ; — les *Mallett's W.*, Rosita (10 tonnes ; mêmes minerais) ; — les *Crooke Bros W.* Lake City (50 tonnes ; galènes et blendes argentifères, pyrites de fer et de cuivre, gangue quartzeuse).

IV. — ÉCHELLES DES PRIX D'ACHAT DES MINERAIS AUX USINES (*).

1° *Usines de Georgetown* (amalgamation par le procédé de Reese River, traitement humide par le procédé Hunt et Douglas).

Minerais de blende et galène argentifères, tenant moins de 20 p. 100 de plomb (**). Lors de notre visite à Georgetown, les usines s'entendaient pour établir l'échelle des prix; depuis la rupture de leur association, à la fin de septembre 1876, les prix, réglés par la loi de l'offre et de la demande, se sont notablement élevés au profit des mines, comme il résulte des trois exemples suivants :

NOMBRE D'ONCES par tonne (907k,184) de minerai.	PRIX PAYÉ PAR ONCE D'ARGENT		
	sous l'association. Cours de l'argent : 1,18 dollar (*coin*) l'once.	7 octobre 1876. Cours de l'argent : 1,15 dollar (*coin*) l'once.	10 mai 1877. Cours de l'argent : 1,20 dollar (*coin*) l'once.
	cents (*currency*).	cents (*currency*).	cents (*currency*).
50	20	35	40
100	62	70	72
125	72	75	79
150	79	81	83
200	86	86	88
250	89	91	93
300	92	93	96
400	96	97	98
500	100	100	100
600	101	101	102
700	102	102	103
800	103	103	104
900	104	104	105
1.000	105	105	106

Nous ajouterons un exemple d'échelle des prix d'achat des minerais ayant besoin de concentration; il est relatif à l'atelier de

(*) Au Colorado, comme dans tous les États-Unis, sauf en Californie et au Nevada, la monnaie courante est le papier (*currency*); la prime des espèces monnayées (*coin*) sur le papier est variable. En 1876, 100 dollars *coin* ont valu de 108 à 114 $\frac{1}{8}$ et en moyenne 111 $\frac{1}{2}$ dollars *currency*.

Les métaux précieux, or et argent, s'évaluent toujours en *coin*. Une once d'or (31gr,103) vaut 20,67 dollars (*coin*). Un dollar (*coin*) équivaut à 5,182 fr. Le cours de l'argent varie; en 1876, une once d'argent fin a valu à New-York de 1 à 1,26 dollar (*coin*).

Le dollar est divisé en cent *cents*.

(**) Le plomb n'est évidemment pas payé; non-seulement il n'est pas sauvé, mais il est nuisible dans les traitements.

préparation mécanique par voie sèche de la Clear Creek C°, à Georgetown; l'association des usines régnait encore, et le cours de l'argent était de 1,18 dollar (*coin*) l'once :

NOMBRE D'ONCES par tonne de minerai.	PRIX PAYÉ par once d'argent.
	cents (*currency*).
15 à 20	10
20 — 25	14
25 — 30	18
30 — 40	23
40 — 50	38
50 — 60	44
60 — 70	50
70 — 80	55
80 — 90	57 1/2
90 — 100	60

Le Clear Creek C° payait en outre le plomb à raison de 1 dollar, (*currency*) par 1 p. 100 au delà de 25 p. 100.

2° *Usine de Black Hawk* (traitement par fusion).

En automne 1876, la Boston and Colorado Smelting C° payait de la manière suivante les minerais aurifères et argentifères.

Minerais aurifères.— L'essai fait à l'usine détermine les teneurs en or et en argent; l'or est estimé à 20 dollars (*coin*) par once, et l'argent au cours du jour; de la valeur totale (*coin*) ainsi obtenue, on conclut la valeur totale (*currency*), en ajoutant la prime de l'or sur le papier évaluée à 3 p. 100 au-dessous du cours de New-York. Cela fait, plusieurs cas sont distingués suivant la nature du minerai et sa richesse. — Smelting ores et minerais de tellurures, valant moins de 500 dollars (*currency*) par tonne (907k,184) : on paye 85 p. 100 de la valeur (*currency*), déduction faite de 35 dollars (*currency*) par tonne pour frais de traitement; valant plus de 500 dollars (*currency*) : on paye 90 p. 100 de la valeur (*currency*) diminuée d'autant. Tailings concentrés : on paye 100 p. 100 de la valeur (*currency*), diminuée de 24 dollars (*currency*) par tonne pour frais de traitement (*).

Minerais argentifères. — Échelle des prix d'achat à la même époque. Cours de l'argent = 1,2 dollar (*coin*) l'once.

(*) Les tailings concentrés sont mieux payés, parce qu'ils n'ont presque pas de gangue et beaucoup de fer (nécessaire au traitement).

NOMBRE D'ONCES par tonne de minerai.	PRIX PAYÉ par once d'argent.
	cents (*currency*).
50	56
100	87
150	97
200	102
250	105
500	114
1.000	119

Le cuivre des minerais de toutes sortes était payé à raison de 1,5 dollar (*currency*) par 1 p. 100 indiqué par l'essai de Cornouailles.

Au commencement de 1877, la Boston and Colorado S. C° a notablement élevé ses prix d'achat. Voici plusieurs années qu'elle étend sans cesse ses relations hors de Black Hawk ; son influence croissante sur les divers centres miniers du Colorado a fait constamment hausser les cours, et l'on peut dire aujourd'hui que cet État possède un marché aussi bon, sinon meilleur, qu'aucun district minier de l'Ouest. Aussi l'exportation vers l'Est est-elle devenue presque nulle, malgré les demandes des usines de fusion de la vallée du Mississipi ; elle ne porte plus guère que sur certaines galènes riches. D'autre part, les nouveaux prix ne pouvant être offerts et maintenus que par des établissements assez puissants, font subir à l'industrie métallurgique du Colorado une transformation que nous résumerons ainsi : disparition des petites usines de fusion ; formation d'ateliers de préparation mécanique près des mines ; transport des minerais vers certains centres favorisés quant au combustible et à la main-d'œuvre : accumulation des capitaux dans quelques usines opérant sur une grande échelle, assortissant les divers minerais entre eux et produisant à la fois les métaux précieux et communs.

NOTE

SUR

L'EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE A VAPEUR

DANS L'USINE MÉTALLURGIQUE DE MESSEMPRÉ (ARDENNES).

Rapport de M. l'ingénieur ordinaire Nivoit.

Le 18 avril 1877, pendant la nuit, un accident dont les conséquences ont été très-graves s'est produit dans l'usine métallurgique de Messempré, commune de Pure (Ardennes), exploitée par MM. Boutmy et C[ie]. L'un des bouilleurs d'un générateur chauffé par les flammes d'un four à souder s'est déchiré brusquement, laissant échapper des torrents d'eau bouillante et de vapeur qui ont horriblement brûlé dix ouvriers ; six de ces malheureux ont succombé depuis à leurs blessures.

Prévenu de cette catastrophe par télégramme, nous nous sommes rendu immédiatement à Messempré pour procéder aux constatations nécessaires à l'accomplissement de notre mission. Nous avons dû en outre effectuer différents essais ou expériences propres à nous éclairer sur les causes de cet accident.

Avant de relater les circonstances de l'explosion et d'en discuter les causes, nous décrirons la situation antérieure des lieux.

Description sommaire de l'usine.— L'usine métallurgique de Messempré est une usine à tôle. Elle comprend en tout neuf chaudières à vapeur, qui sont installées sur cinq fours à puddler, deux fours à souder et quatre fours dormants. Six de ces chaudières, parmi lesquelles se trouve celle qui a fait explosion, sont presque constamment en marche, et

actionnent deux machines et un marteau-pilon, de la force totale de 105 chevaux. Elles ont ensemble une surface de chauffe de 186 mètres carrés, soit $1^{mq},77$ par cheval, surface suffisante pour fournir la vapeur nécessaire.

Description de la chaudière. — Le générateur qui a fait explosion a été installé en 1862, de même que les autres appareils à vapeur de l'usine, et autorisé par un arrêté préfectoral du 24 septembre 1862. Il se composait d'un corps principal cylindrique de $6^m,68$ de longueur sur 1 mètre de diamètre, de deux bouilleurs de $6^m,55$ de longueur sur $0^m,50$ de diamètre et d'un réservoir de vapeur de $0^m,80$ de hauteur sur $0^m,60$ de diamètre. Sa capacité intérieure était de $8^{mc},042$ et sa surface de chauffe de 31 mètres carrés. Ce générateur a été construit dans les ateliers de M. Mathieu-Germet, chaudronnier à Sedan, et éprouvé le 30 août 1861 pour une pression de 5 1/2 atmosphères.

Les appareils de sûreté, tous en très-bon état, consistaient en deux soupapes de sûreté, un manomètre métallique, un tube indicateur de niveau en verre, deux robinets de jauge et deux flotteurs, dont un avec sifflet d'alarme.

Le générateur était construit en tôle de 12 1/2 millimètres d'épaisseur pour le corps principal et de 8 millimètres pour les bouilleurs. Le corps principal se composait de six panneaux cylindriques et de deux hémisphères, réunis par des lignes de rivets de 23 millimètres de diamètre, espacés de 60 millimètres d'axe en axe. Chacun des bouilleurs était composé de quatre panneaux de $1^m,66$ de longueur, d'une calotte aplatie, en tôle, à une extrémité, et à l'autre extrémité d'un fond en fonte, auquel étaient adaptés les tuyaux de vidange et d'alimentation. Les deux bouilleurs étaient réunis au corps principal par quatre jambettes, de $0^m,30$ de diamètre sur $0^m,30$ de hauteur.

Le générateur, placé immédiatement au-dessus du four à réchauffer, portait de chaque côté trois oreilles en fer,

qui s'appuyaient sur des colonnes de fonte, de sorte que les bouilleurs étaient suspendus au corps principal par les jambettes.

Les feuilles de tôle étaient cintrées dans le sens du laminage, c'est-à-dire de la manière la plus favorable à la résistance.

Nature du métal. — La tôle a été fabriquée dans les usines d'Hayange (Alsace-Lorraine). Pour en apprécier la qualité, nous avons fait découper dans le panneau déchiré quatre bandes de 16 centimètres de longueur sur 1 1/2 de largeur, dont deux suivant le fil et deux en travers, et nous les avons fait essayer dans les ateliers de la Compagnie de l'Est, à Mohon.

Nous avons reconnu que cette tôle ne se rompt que sous un effort variant entre 31,71 et 33,77 kilogrammes par millimètre carré de la section, et que la rupture est précédée d'un allongement d'au moins 5 p. 100 suivant le fil et 1,25 p. 100 en travers.

Ces chiffres, pour un métal fatigué par un long usage, sont assurément très-satisfaisants. Au surplus, comme nous le verrons plus loin, la déformation qu'a subie la tôle avant de se déchirer et le petit nombre des fragments projetés indiquent un métal de bonne qualité.

Mode de chauffage. — Les flammes, au sortir du rampant du four à réchauffer, s'élevaient dans une cavité cylindrique, puis enveloppaient complétement le bouilleur est et la moitié correspondante de la partie inférieure du corps principal. Par un deuxième circuit, elles chauffaient l'autre partie de l'appareil, et se rendaient ensuite, par un conduit souterrain, dans une cheminée centrale commune à plusieurs fours.

Les carneaux avaient $0^m,70$ de largeur sur $1^m,35$ de hauteur, en sorte que la distance des bouilleurs aux parois n'était que de 10 centimètres. Il est même possible que cette distance se soit trouvée réduite en certains points, si

l'on en juge par les carneaux d'un four voisin, où elle n'est plus que de 7 centimètres.

Alimentation. — L'alimentation des générateurs de l'usine est assurée par une pompe à double piston et par une pompe de secours. On alimente chaque chaudière en moyenne toutes les deux heures; l'opération dure de 10 à 15 minutes. L'eau est prise au condenseur.

Nettoyage et entretien. — Toutes les trois semaines, le travail de l'usine est suspendu pendant deux ou trois jours, et l'on profite de cette période de repos forcé pour visiter et nettoyer les chaudières, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Les carneaux sont réparés à peu près régulièrement tous les six mois.

La chaudière qui a éclaté n'a subi aucune réparation depuis 1862.

La conduite des machines et l'alimentation des chaudières sont confiées à deux machinistes, qui sont de service alternativement pendant douze heures. Tous deux sont expérimentés et soigneux. Il n'y a pas de surveillant de nuit.

Circonstances de l'explosion. — C'est dans la nuit du 17 au 18 avril, vers une heure et demie du matin, que l'accident se produisit. A ce moment les deux machines, auxquelles la chaudière en question contribue à fournir la vapeur, étaient arrêtées depuis près d'un quart d'heure; l'alimentation avait eu lieu quinze minutes auparavant. La pression indiquée par le manomètre était au plus 5 atmosphères, et les soupapes commençaient à laisser échapper légèrement la vapeur. La charge du four était à moitié terminée; la température avait donc atteint son maximum.

Tout à coup le bouilleur soumis le premier à l'action des flammes se déchira sur une longueur relativement faible, deux fragments de tôle furent arrachés et projetés dans l'usine avec les briques et les armatures du massif, et par l'ouverture ainsi formée, il sortit des torrents d'eau bouillante et de vapeur qui atteignirent dix malheureux ou-

vriers placés près du four. Une des colonnes en fonte ayant été brisée, la chaudière s'inclina légèrement en s'appuyant sur le bouilleur déchiré.

Les 80 ouvriers de la forge s'enfuirent épouvantés. Les dix blessés eurent eux-mêmes la force de quitter le théâtre de la catastrophe; mais sept d'entre eux seulement purent regagner sans aide leur domicile; les trois autres furent transportés par leurs camarades dans des maisons voisines. Malgré les soins qui leur furent prodigués, six ouvriers succombèrent aux suites de leurs brûlures, qui étaient très-profondes, à cause de l'élévation de la température et de la légèreté de leurs vêtements. Les quatre autres se sont rétablis.

On voit qu'il n'y a pas eu d'explosion proprement dite, en ce sens que le générateur n'a pas été projeté et que le faible déplacement qu'il a éprouvé n'est dû qu'à la rupture de l'une des colonnes de soutien. Ainsi, si la chaudière eût été installée en dehors de la forge, les conséquences de l'accident eussent été assurément bien moins graves; mais il n'est pas toujours possible d'éviter cette disposition dans les usines métallurgiques, et, d'ailleurs, elle était autorisée par l'arrêté préfectoral du 24 septembre 1862.

État de la chaudière après l'explosion. — L'ouverture par laquelle se sont échappées l'eau et la vapeur est de forme triangulaire; elle n'a pas plus de $0^{m},325$ de longueur sur $0^{m},11$ de hauteur; elle est à environ $0^{m},10$ de la clouure longitudinale et à $0^{m},09$ de la deuxième clouure transversale.

Dans la région déchirée, le bouilleur était bombé d'une manière très-visible, ce qui indique un allongement préalable de la tôle; nous avons reconnu que le rayon d'une section perpendiculaire à l'axe, passant à peu près par le milieu de la déchirure, avait augmenté d'environ 1 centimètre. Sur les bords de la déchirure, l'épaisseur du métal était réduite à 2 et même, en quelques points, à 1/2 millimètre.

L'un des fragments de la tôle enlevée, qui a été retrouvé au milieu des briques, avait à peu près la même épaisseur.

Pour nous rendre compte de cet amincissement considérable, nous avons fait forer des trous sur une section du bouilleur, passant par le milieu de la déchirure, ainsi que le long d'une génératrice passant par le même point. Nous avons constaté qu'en 4 points de la section, l'épaisseur était respectivement de $3^{mm},3$ — 6^{mm} — $6^{mm},3$ et $5^{mm},5$, et qu'en 7 autres points pris le long de la génératrice, elle était :

1er panneau.	presque pas d'amincissement.
2e panneau.	n° 1, $4^{mm},4$ et $3^{mm},3$.
3e panneau.	n° 2, $3^{mm},3$.
	n° 3, $5^{mm},5$.
	n° 4, $6^{mm},00$.
	n° 5, $5^{mm},00$.
	n° 6, $2^{mm},25$.
4e panneau.	n° 7, $3^{mm},1$.

L'usure atteint également l'autre bouilleur et le corps principal, car deux trous forés, l'un dans le bouilleur, l'autre dans la chaudière, nous ont donné respectivement $6^{mm},3$ et $6^{mm},5$, tandis que les épaisseurs primitives étaient de 8 et $12^{mm},5$.

Nous avons reconnu qu'il en est de même pour toutes les chaudières de l'usine, dont la tôle est amincie dans des proportions plus ou moins fortes.

L'usure est donc parfaitement établie. Elle affecte toutes les parties léchées par les flammes; mais, en ce qui concerne le générateur qui nous occupe, elle est surtout considérable sur les panneaux chauffés le plus fortement, et le long d'une génératrice placée un peu au-dessus de la rivure longitudinale extérieure du bouilleur éclaté.

La surface extérieure de la tôle était très-nette, lavée qu'elle a été par une énorme quantité d'eau bouillante. En l'examinant attentivement, on remarque de petits sillons, peu profonds, légèrement sinueux, dirigés suivant les

génératrices, qui paraissent développés surtout sur les morceaux arrachés. On observe en outre, à l'angle de l'un des fragments, un défaut de soudure qui a occasionné le dédoublement de la tôle; en ce point, il y a un très-léger boursouflement de la surface, qui affecte seulement la feuille extérieure. On voit enfin quelques taches rougeâtres, indices d'une oxydation superficielle.

A l'intérieur, les depôts incrustants étaient en partie enlevés, mais la surface était un peu rugueuse. Dans le voisinage de la déchirure, ces dépôts, qui n'ont pas ordinairement plus de 2 à 3 millimètres, pour une période de marche de trois semaines, atteignaient 6 millimètres.

Causes de l'explosion. — Nous possédons maintenant tous les éléments nécessaires pour rechercher la cause de l'explosion.

La chaudière ne devait pas manquer d'eau. Il résulte, en effet, de l'enquête qu'elle avait été alimentée un quart d'heure environ avant l'accident. Nous pouvons encore donner comme preuves de cette assertion, d'une part la grande quantité d'eau qui s'est répandue dans toute l'usine, d'autre part la position de la déchirure, qui se fût produite sur le corps principal, si l'eau s'était abaissée au-dessous du niveau réglementaire.

Il n'y avait pas d'excès de pression. Les témoignages qui ont été recueillis s'accordent, en effet, à reconnaître que le manomètre marquait moins de 5 atmosphères. Rien n'autorise d'ailleurs à supposer que le machiniste ait surchargé ses soupapes, car, dans toutes les vérifications qui ont été faites antérieurement, ces appareils ont été reconnus en parfait état.

On ne peut donc expliquer l'explosion ni par un manque d'eau, ni par un excès de pression. La cause doit uniquement en être recherchée dans l'usure de la tôle, circonstance aggravée par une défectuosité locale.

Nous avons dit que, sur les bords de la déchirure, le

métal était réduit en quelques points à 1 1/2 millimètre d'épaisseur. Il est probable que l'amincissement a été augmenté par l'allongement qu'a subi le métal avant de se rompre, et que l'épaisseur ne descendait guère au-dessous de 2 millimètres.

Admettons cependant ce chiffre de 1 1/2 millimètre; supposons même que la pression se soit élevée à 5 1/2 atmosphères, maximum qu'elle atteignait à peine, puisque les soupapes laissaient échapper beaucoup de vapeur à 5 1/4 atmosphères. Dans ces conditions, on trouve par le calcul que la tôle travaille à $7^k,75$ par millimètre carré. Or les expériences que nous avons faites dans les ateliers de la compagnie de l'Est, à Mohon, montrent que cette tôle ne se rompait que sous une charge de 31 kilogrammes au moins.

L'usure de a tôle n'eût donc pas suffi à produire l'explosion. La cause déterminante est le dédoublement qu'a subi le métal en un point. Il est probable qu'en raison de cette division de la tôle en deux feuillets, peut-être aussi de la présence d'un dépôt incrustant assez épais, la transmission de la chaleur ne se faisait pas facilement de l'extérieur à l'intérieur, que la tôle a rougi et que, sa résistance se trouvant considérablement diminuée, elle a cédé en se déchirant suivant une génératrice à partir du point faible.

Il ne faut pas oublier que, dans les fours à réchauffer, il y a un tirage très-actif et que la température est très-élevée. La consommation de houille, au four n° 1, était de 150 kilogrammes par heure, ce qui correspond à près de 5 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe. Nous avons d'ailleurs mesuré cette température au point correspondant à celui où s'est faite la déchirure, dans le carneau d'un four à souder de la forge voisine d'Osnes, exploitée aussi par MM. Boutmy et Cie, et nous avons trouvé 970°, chiffre qui est certainement au-dessous du chiffre

réel, car, dans la méthode calorimétrique que nous avons appliquée, il y a toujours une perte notable de chaleur.

En conséquence, nous pensons que l'explosion doit être attribuée comme cause primitive, à l'usure de la tôle; comme cause déterminante, à une défectuosité du métal.

Cause de l'usure de la tôle. — Il s'agit maintenant de rechercher comment s'est produite une usure aussi générale et relativement aussi rapide du métal.

Des corrosions ont pu se faire à l'intérieur et à l'extérieur. A l'intérieur, la tôle ne peut avoir été attaquée que par l'eau d'alimentation. Cette eau, qui provient de l'étang de l'usine, est de bonne qualité; elle titre en effet 12 degrés à l'hydrotimètre, ce qui correspond à peu près à une teneur de 12 centigrammes de sels terreux par litre. Nous nous sommes assuré en outre, par des essais qualitatifs, que ces sels sont constitués surtout par du carbonate de chaux, et qu'il y a seulement un peu d'acide sulfurique, de chlore et de magnésie.

L'attention a été appelée, dans ces derniers temps, sur les effets du chlorure de magnésium contenu dans les eaux d'alimentation. Ce sel, se décomposant sous l'influence de la chaleur, dégage de l'acide chlorhydrique susceptible d'attaquer le fer. Nous avons analysé, à cet effet, le dépôt incrustant qui s'est formé près de la déchirure. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Argile et sable	18,80
Oxyde de fer et alumine	5,20
Sulfate de chaux	14,91
Carbonate de chaux	56,80
Carbonate de magnésie	2,42
Chlore	0,30
Matières non dosées et perte	1,57
	100,00

L'état de combinaison du chlore est difficile à déterminer; toutefois nous pouvons dire que le chlore n'est pas com-

biné au fer, car la dissolution que l'on obtient en épurant la matière par l'eau chaude ne donne pas les réactions de ce métal. Il est vrai que le chlorure de fer, s'il se formait, se dissoudrait dans l'eau de la chaudière en grande partie.

D'un autre côté, nous n'avons observé, sur la surface intérieure du bouilleur, aucune de ces vermiculures, de ces cavités arrondies, etc., qui sont généralement la conséquence des corrosions internes.

Le marteau à pointe que l'on emploie pour détacher les incrustations a peut-être légèrement entamé le métal; mais c'est une cause d'usure en tout cas peu importante.

Examinons maintenant la surface extérieure du bouilleur. On se rappelle que cette surface, parfaitement nettoyée après l'explosion, présentait des traces évidentes de corrosion. Pour découvrir à quel agent doit être attribuée cette corrosion, nous avons examiné avec soin les chaudières des fours voisins, que l'on a mises à nu à la suite de l'accident.

Nous avons reconnu que toutes les chaudières sont couvertes, dans les parties soumises à l'action des flammes ou des gaz chauds, d'une suie noire ou de plaques blanchâtres ou verdâtres adhérentes au métal. Ces matières sont distribuées assez irrégulièrement; cependant on peut dire d'une manière générale que la substance blanche domine dans les parties les plus chauffées, et la suie dans celles qui s'éloignent du foyer. Ces matières ont une saveur acide ou astringente très-prononcée. En les délayant avec de l'eau, on obtient un liquide verdâtre, qui rougit fortement la teinture de tournesol; une plaque de zinc, plongée dans ce liquide, est attaquée lentement, et sa surface ne tarde pas à se couvrir de nombreuses bulles d'hydrogène qui se dégagent peu à peu.

Quatre échantillons, que nous avons recueillis, ont été examinés au laboratoire départemental de chimie de Mézières. Voici les résultats de ces essais :

	1)	2)	3)	4)
Acide sulfurique.	10,67	21,33	21,25	34,40 p. 100.
Oxyde de fer et alumine. .	4,45	16,80	18,10	26,50 p. 100.

1) Cendres blanches, légèrement grisâtres, onctueuses, douces au toucher, recueillies sur le côté du bouilleur du four à puddler n° 2, à 3 mètres du coup de feu ;

2) Suie noire, sèche, pulvérulente, tachant fortement les doigts ; sur le même bouilleur, un peu plus loin du coup de feu ;

3) Boue noire, un peu huileuse, recueillie sur le bouilleur du four à puddler n° 3, vers le milieu ;

4) Suie noire, humide, huileuse, avec parties jaune verdâtre, prise sur la chaudière du four à souder n° 2, à 3m,50 du coup de feu.

On remarquera que, dans ces substances, l'oxyde de fer et l'alumine ne sont pas en proportion suffisante pour former avec l'acide sulfurique des sulfates neutres ; elles contiennent donc de l'acide sulfurique libre, ou au moins des sulfates acides susceptibles d'attaquer le fer.

Dès lors l'usure extérieure de la tôle s'explique très-facilement. Les pyrites de fer contenues dans la houille donnent, par la combustion, de l'acide sulfureux, qui se mêle intimement à la suie déposée sur les parois des bouilleurs et de la chaudière. Dans les périodes d'arrêt, ce mélange attire l'humidité de l'air et l'attaque commence, soit que l'acide sulfureux se transforme préalablement en acide sulfurique, soit qu'il se combine directement au fer pour donner lieu ensuite à un sulfate. La différence d'aspect des matières qui recouvrent les surfaces chauffées provient de ce que les particules charbonneuses de la suie ont brûlé, en certains points, sous l'action des gaz oxydants. Si l'action corrosive s'est exercée principalement sur le côté extrême du bouilleur, cela tient sans doute à ce que la suie s'accumulait en plus grande quantité dans cette

région, qui est d'un accès difficile et qui était nettoyée moins soigneusement.

Le séjour de suies acides sur les tôles des générateurs présente donc de graves dangers. Nous avons, dans notre service, de nombreux exemples de chaudières, et surtout de bouilleurs, qui ont été mis rapidement hors de service par ce fait; pour la plupart, heureusement, on s'en est aperçu à temps pour les remplacer.

Cette cause de dépérissement des chaudières a déjà été signalée (*Annales des mines*, 7e série, t. IX, p. 465), cependant elle est peu connue. Ce qui fait qu'elle échappe presque toujours à l'attention et qu'on ne lui donne pas l'importance qu'elle mérite, c'est que les générateurs sont trop rarement visités à l'extérieur. D'abord cette visite ne peut être réellement faite avec fruit qu'après démolition d'une partie du massif, dépense devant laquelle reculent bien des industriels; de plus, la suie est assez adhérente, elle ne se détache pas complétement par le frottement, et les ramonages ordinaires laissent à la surface un enduit mince qui suffit à masquer les traces de corrosion. Quant aux appareils éclatés, ils sont généralement nettoyés par l'eau chaude sur leur surface extérieure, en sorte que, quand il y a usure, la cause précise échappe, et que l'on se contente de les noter comme affaiblis par l'usage.

L'accident de Messempré montre une fois de plus que les épreuves à la pompe de pression n'offrent pas une garantie suffisante de solidité pour les chaudières en service, et combien il est important de procéder à des visites fréquentes et minutieuses de ces appareils, dans toutes leurs parties. Il ne faut pas hésiter notamment à démolir au besoin une partie du fourneau pour permettre d'examiner la surface, que l'on mettra complétement à nu par des lavages. Dans certains cas, il sera même nécessaire d'employer la potasse pour obtenir un nettoyage complet. Un coup de marteau sur une surface convexe renseignera mieux d'ail-

leurs sur les diminutions d'épaisseur de la tôle, que s'il est appliqué à l'intérieur.

Enfin, il faut avoir soin de ne pas laisser séjourner la suie sur les chaudières. Cette matière varie nécessairement de composition suivant la nature du combustible brûlé; cependant elle doit souvent contenir de l'acide sulfurique, car presque toutes les houilles sont plus ou moins pyriteuses. C'est une question que nous nous proposons d'étudier en détail; pour l'usine de Messempré en particulier, nous nous contenterons de dire que la houille employée, qui provient du bassin de Liége, ne nous a pas paru plus sulfureuse que la généralité des houilles consommées dans le département.

Les chaudières installées sur les fours métallurgiques subissent naturellement l'action corrosive de la suie à un degré plus élevé que les chaudières ordinaires. A surface de chauffe égale, et dans un temps donné, ces premières consomment en effet une plus grande quantité de combustible; peut-être aussi l'acide sulfureux produit par la combustion du soufre des fontes ou des fers s'ajoute-t-il à celui qui est formé par les pyrites de la houille.

Avis de la Commission centrale des machines à vapeur.

Le rapport présenté à la Commission centrale des machines à vapeur, dans sa séance du 20 juin 1877, par M. l'ingénieur en chef Luuyt, se termine par les observations suivantes :

« M. Nivoit a constaté que l'usure de la tôle ne saurait être attribuée à l'eau d'alimentation qui est de bonne qualité; la surface extérieure du bouilleur, parfaitement nettoyée par les projections d'eau, présente des corrosions où l'on distingue des sillons peu profonds et légèrement sinueux; l'examen des chaudières voisines, mises à nu à la suite de l'accident, les a montrées recouvertes d'une suie

noire ou de plaques blanchâtres ou verdâtres. Ces dépôts, analysés par M. Nivoit, contiennent de 11 à 34 p. 100 d'acide sulfurique, 4 à 26 p. 100 d'oxyde de fer et d'alumine; ils renferment donc de l'acide sulfurique libre ou des sels très-acides pouvant attaquer le fer, et il n'est pas douteux que l'usure de la tôle ne soit due à leur présence. Les suies acides déposées dans des endroits peu accessibles y ont séjourné longtemps; leur action funeste eût été évitée si l'on avait ramoné et nettoyé avec soin toutes les parois de la chaudière.

« Depuis longtemps on aurait reconnu l'usure des bouilleurs si on les avait visités comme il eût été prudent de le faire. Une chaudière neuve peut inspirer toute confiance pendant les premiers temps de son service; mais on sait qu'elle ne se conserve pas indéfiniment en bon état, il est donc essentiel de la visiter sérieusement, et d'autant plus souvent que le nombre des années de service augmente. Il semble superflu de dire qu'une chaudière succombera toujours après un temps suffisamment long et que cette fin peut ne pas être annoncée par des défauts sans danger, mais au contraire se manifester par un accident grave; cependant beaucoup d'industriels agissent comme si cette vérité leur était inconnue. On ne saurait trop la mettre en évidence en recommandant la visite complète des chaudières. Si on les surveille avec soin, si l'on change les parties affaiblies, si on les éprouve après les réparations, on les conserve jusqu'à ce que cet entretien devienne difficile et que l'on soit conduit à les remplacer totalement; en agissant ainsi, on n'aura pas à redouter d'accident provenant du manque de solidité de l'appareil. »

La Commission centrale, sur la proposition du rapporteur, a émis l'avis suivant :

« L'explosion de la chaudière de Messempré est due à l'usure progressive du métal causée par des dépôts de suies

acides provenant de la combustion de houilles sulfureuses. Cette altération aurait été révélée par des visites périodiques de la chaudière en service depuis près de quinze ans. Ce défaut de précaution, qui se révèle de temps en temps par des accidents, est très-fréquent. Afin d'appeler l'attention des industriels sur l'action des produits sulfureux de la houille brûlée sous les chaudières à vapeur, ainsi que sur la nécessité de visites fréquentes qui fassent connaître exactement l'état de conservation des chaudières, la Commission propose l'insertion du rapport de M. Nivoit dans les *Annales des mines* et dans les *Annales des ponts et chaussées.* »

NOTE (*)

SUR

L'EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE A VAPEUR

DANS UNE FILATURE A BAR-LE-DUC.

Le 29 juillet 1876, un accident, qui n'a causé heureusement que des dégâts matériels insignifiants, s'est produit dans la filature de coton de MM. Bompard et Cie à Bar-le-Duc (Meuse).

Un des bouilleurs d'un générateur s'est ouvert et a laissé échapper un jet d'eau bouillante qui a démoli une faible partie du fourneau et projeté à l'avant la houille du foyer.

Cette chaudière se composait d'un corps cylindrique de 8 mètres de longueur et de 1 mètre de diamètre et de trois bouilleurs réchauffeurs cylindriques superposés latéralement, et ayant chacun $8^m,65$ de longueur et $0^m,60$ de diamètre. Ils avaient une pente de 1 p. 100 et étaient réunis par des tubulures percées à la partie supérieure de chacun d'eux. Ce générateur avait été construit en 1852 chez M. Farcot et éprouvé pour une pression de 5 atmosphères. Il n'avait été soumis depuis lors à aucune épreuve nouvelle et avait été maintenu en service presque sans interruption.

(*) Cette note est extraite d'un rapport présenté à la Commission centrale des machines à vapeur, dans sa séance du 10 octobre 1877, par M. l'ingénieur en chef des mines Luuyt. La Commission a émis l'avis que l'accident était dû à la corrosion du métal par la condensation des fumées acides, et qu'il y avait lieu de le signaler dans les *Annales des mines*, afin d'appeler l'attention des industriels sur les corrosions extérieures des chaudières et sur la nécessité de fréquentes inspections destinées à les reconnaître.

Le foyer était établi sous le corps cylindrique; les gaz chauds parcouraient celui-ci dans sa moitié inférieure et descendaient en entourant successivement chacun des trois bouilleurs. L'eau d'alimentation arrivait dans la partie la plus basse, c'est-à-dire à l'avant du bouilleur inférieur, se mouvant ainsi en sens inverse des produits de la combustion.

La déchirure s'est produite sur la première virole du bouilleur inférieur, à $0^m,85$ de l'avant suivant le sens longitudinal, à $0^m,15$ à droite de la génératrice intérieure et sur une longueur de $0^m,66$, puis un morceau de tôle s'est détaché sur cette longueur avec une largeur moyenne de $0^m,30$.

L'examen du fragment détaché a fait reconnaître que l'épaisseur de la tôle, qui était primitivement de 7 à 8 millimètres, a été réduite à 1 millimètre à peine en certains points. Le bouilleur inférieur n'avait plus qu'une épaisseur de 5 millimètres sur toute la partie supérieure et de 2 à 4 dans la partie inférieure, les parties les plus amincies étant à l'extrémité du parcours des gaz où se trouvait l'arrivée de l'alimentation. Le réchauffeur intermédiaire a été peu attaqué; la plus forte diminution d'épaisseur est de 1 millimètre.

La cause de l'explosion n'est ni le manque d'eau, en raison du point où elle a eu lieu, ni l'excès de pression, car, d'après les témoignages, le manomètre ne marquait alors que 3 atmosphères.

La diminution d'épaisseur de la tôle, aggravée, sans doute, par une défectuosité locale, suffit à expliquer la rupture du métal. L'usure paraît être tout extérieure, la surface intérieure du bouilleur était très-lisse, recouverte seulement d'un faible dépôt non adhérent.

C'est encore un fait de corrosion extérieure par la condensation de la vapeur d'eau et de l'acide sulfureux. On voit clairement combien cette action se développe sur des

surfaces relativement froides, tandis que celles qui sont plus échauffées en sont exemptes. Cet accident démontre une fois de plus la nécessité de visites complètes des parois intérieures et extérieures des chaudières, ayant pour but de s'assurer de la conservation du métal, surtout lorsque la chaudière compte de nombreuses années de service.

DISCOURS
PRONONCÉS AUX FUNÉRAILLES
DE M. REGNAULT,
INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES,

Le 22 janvier 1878.

DISCOURS DE M. DEBRAY,
Membre de l'Académie des sciences.

Messieurs, l'Académie des sciences perd en M. Regnault un de ses membres les plus illustres. Il appartenait depuis 1840 à la section de chimie, où, bien jeune encore, à l'âge de trente ans, il avait été appelé à remplacer M. Robiquet. A cette époque, M. Regnault ne s'était encore fait connaître que comme chimiste. Ses travaux, nombreux et variés, portaient déjà la marque particulière de son esprit. L'hypothèse, si séduisante qu'elle fût, n'avait aucune prise sur lui; il n'acceptait que les démonstrations complètes et rigoureuses; sa pénétration rare lui montrait de suite le côté faible des travaux de ses devanciers et les conditions dans lesquelles il convenait de les reprendre, pour arriver à la solution des points controversés. Il était, d'ailleurs, servi dans ses recherches par une habileté manuelle peu commune.

Ses travaux de chimie méritaient l'honneur que leur faisait l'Académie; de plus, ils faisaient concevoir de hautes espérances, qui ont été dépassées. Retranchés cependant de l'œuvre scientifique de notre savant confrère, ils diminueraient de bien peu sa réputation : c'est qu'ils n'occupent, dans cette vie si bien remplie, qu'une place relativement restreinte. A partir de 1840, les recherches de

physique l'absorbent presque entièrement; c'est à cette époque que commence l'édification du monument de sa gloire, de cet immense ensemble de travaux qui se rattachent à l'étude de la chaleur. Cette œuvre a été poursuivie, durant trente années, avec un tel éclat que sa renommée de chimiste s'en est trouvée par là même amoindrie.

Je n'ai pas l'autorité nécessaire pour parler, comme il convient, de l'admirable talent du physicien : je dois me contenter de rappeler la part importante qu'il a prise au mouvement de la chimie, dans la courte période de sa vie qu'il y a particulièrement consacrée. Il n'a jamais cessé, d'ailleurs, d'en suivre les progrès avec le plus vif intérêt: son enseignement à l'École polytechnique, son remarquable *Traité de chimie* le prouveraient, s'il était nécessaire. Les chimistes ne pourraient non plus oublier, sans ingratitude, les services éminents qu'il leur a rendus comme physicien, en déterminant, avec une incomparable exactitude, les constantes numériques, telles que les coefficients de dilatation, les chaleurs spécifiques et les tensions de vapeurs, qu'ils emploient à chaque instant dans leurs recherches.

M. Regnault, à sa sortie de l'École polytechnique, en 1832, entrait à l'École des mines comme élève ingénieur et, après son temps d'études, restait, pendant quelques années, au laboratoire de chimie de cette École célèbre. Il y menait de front ses travaux professionnels et ses études particulières; et, dès 1835, il commençait le cours, non interrompu, de ses nombreuses et importantes publications. *Les Annales de chimie et de physique* contiennent de lui, de 1835 à 1840, dix-huit mémoires d'un grand mérite.

Son premier travail est relatif à la liqueur des Hollandais, remarquable combinaison du chlore et du bicarbure d'hydrogène, dont la composition avait été déterminée par M. Dumas. Une critique mal fondée de Liebig engageait M. Regnault à reprendre une question que l'autorité scien-

tifique du savant allemand pouvait faire croire douteuse. Après avoir vérifié l'exactitude des résultats de M. Dumas et expliqué l'erreur de son contradicteur, il trouvait une réaction inattendue, la première de toutes celles qu'a données depuis la liqueur des Hollandais, au grand profit de la chimie organique. Cette réaction lui permettait de scinder ce produit en acide chlorhydrique et en un hydrocarbure chloré, dont il allait bientôt lui-même révéler l'importance.

Un peu plus tard, en effet, il démontrait que le chlore, en agissant sur la liqueur des Hollandais, lui enlève successivement chacun des quatre équivalents d'hydrogène qui y sont contenus et donne naissance à des composés nouveaux de plus en plus chlorés, mais dans lesquels le nombre total d'équivalents reste invariable, parce que chaque équivalent d'hydrogène disparu est remplacé par un équivalent de chlore. Le composé chloré qu'il avait retiré de la liqueur des Hollandais devenait alors un bicarbure d'hydrogène, dans lequel un équivalent d'hydrogène était remplacé par le chlore, et, par des réactions convenables, lui permettait d'obtenir d'autres composés du même type, où les trois autres équivalents d'hydrogène étaient successivement remplacés par le chlore.

Ce travail, demeuré classique, parce qu'il fournit deux exemples simples et complets de la loi si importante des substitutions, découverte par M. Dumas, n'a pas peu contribué à l'adoption d'une théorie, très-combattue à l'origine et qui de nos jours, par une extension remarquable, relie le plus grand nombre des faits de la chimie organique. M. Regnault apportait encore à cette théorie un développement important, dans un autre mémoire intitulé : *De l'action du chlore sur les éthers chlorhydriques de l'alcool et de l'esprit de bois et sur plusieurs points de la théorie des éthers.* Il y montre que l'éther chlorhydrique de l'alcool et la liqueur des Hollandais, dont la composition est la

même, quoique leurs propriétés soient différentes, qui sont des corps isomères, pour employer le terme consacré dans la science, donnent, par l'action du chlore, deux séries parallèles de composés substitués, également isomères : ce qui prouve que la substitution, au moins quand elle n'atteint pas le dernier terme de son action, respecte le groupement moléculaire des deux composés primitifs.

Tous ces faits, d'une grande netteté, et bien d'autres d'une égale valeur, que je ne puis rappeler ici, prenaient aussitôt leur place dans l'enseignement de la chimie. Ils y ont conservé de nos jours la même importance, parce qu'il n'en existe pas de plus clairs, de mieux appropriés à la démonstration des lois qu'ils ont contribué à établir.

Il convient encore, pour donner une idée du talent souple et élevé de M. Regnault, de rappeler son grand travail de 1838 *Sur les alcalis organiques* et ses mémoires *Sur la chaleur spécifique des corps simples et composés*. On y trouve la première démonstration rigoureuse de la loi connue sous le nom de *loi de Dulong et Petit*, que ces éminents physiciens avaient plutôt pressentie que scientifiquement établie.

Ces dernières recherches l'introduisaient dans la physique, qu'il n'a plus quittée qu'une seule fois, pour exécuter, avec son ami M. Reiset, ce grand travail physiologique *Sur la respiration des animaux des diverses classes*, si connu de tous les savants.

M. Regnault était devenu successivement professeur de chimie à l'École polytechnique, professeur de physique au Collége de France et directeur de la manufacture de Sèvres, où il a succédé à Ebelmen. L'accomplissement de ses devoirs professionnels n'avait pas ralenti un seul instant sa féconde activité; en 1863, la croix de commandeur de la Légion d'honneur consacrait les services qu'il avait rendus au pays.

Sèvres a une part importante dans son histoire; le nouvel établissement est son œuvre personnelle : il lui a fallu

user de toute l'autorité de son nom pour obtenir cette création si nécessaire. On lui doit aussi des perfectionnements importants dans le procédé de fabrication de la porcelaine par le coulage, et, le premier, il a appliqué l'action des gaz réducteurs à la production de couleurs nouvelles de grand feu.

La vieille manufacture a vu l'apogée de sa gloire et le commencement des malheurs qui l'ont accablé. On se rappelle la chute qu'il y fit en 1856 et qui mit ses jours en danger pendant plus d'un mois. Ce terrible accident laissa en lui une trace ineffaçable. En 1870, malgré les chagrins domestiques qu'il avait éprouvés, il n'avait cependant rien perdu de son ardeur et pouvait encore espérer quelques années de travail; il comptait, même en 1871, après la mort de son illustre fils, Henri Regnault, reprendre ses travaux interrompus par la guerre et y trouver un adoucissement à sa douleur. Mais cette espérance ne devait pas se réaliser. La main brutale d'un soldat ennemi avait détruit, dans son laboratoire de Sèvres, les nombreux et précieux instruments de mesure qui lui avaient coûté tant de labeurs et sans lesquels toute recherche lui devenait impossible. Sa carrière scientifique était terminée. Depuis ce moment, le malheur n'a pas cessé de le frapper; il l'a supporté avec fermeté, avec dignité. A la fin de 1874, on put croire que la mort allait le délivrer; mais, après avoir anéanti ce qui lui restait d'activité physique, elle n'a achevé son œuvre que quatre ans après, le 19 janvier dernier, le jour même de l'anniversaire de la mort de son fils.

Il est allé le rejoindre dans un monde meilleur, où le suivent nos sentiments d'admiration et de sympathie profondes pour sa vie si utile à la science et si douloureusement éprouvée.

DISCOURS DE M. JAMIN,

Membre de l'Académie des sciences,

AU NOM DE LA SECTION DE PHYSIQUE ET DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

Messieurs, il y a des hommes dont l'esprit est assez vaste pour embrasser plusieurs sciences à la fois et qui pourraient, avec la même convenance, appartenir à plusieurs classes d'une même Académie. Regnault fut l'un de ces hommes privilégiés : outre qu'il était l'une des lumières de la chimie, la physique le réclame comme une de ses gloires et la section à laquelle j'appartiens revendique, comme un droit et comme un devoir, l'honneur de rappeler ici tout ce qu'elle doit à Victor Regnault. Je viens encore à un autre titre, en ma qualité de professeur à l'École polytechnique, apporter sur la tombe de Regnault les regrets et la reconnaissance de ses collègues et de ses anciens élèves.

Regnault fut l'un des plus brillants sujets de cette École célèbre; il eut l'heureuse fortune d'y suivre le cours de physique de Dulong. Il en garda toute sa vie l'empreinte ineffaçable, tellement profonde qu'il suivit, sans jamais la quitter, la même route que son maître, s'arrêtant aux mêmes étapes, rencontrant les mêmes difficultés, recommençant les mêmes études. Pour apprécier Regnault, il faut connaître Dulong.

De toute la physique, Dulong n'avait travaillé que la chaleur et, de toute la chaleur, que le vaste chapitre intitulé *Chaleur statique*. Il y avait fait de belles découvertes; il y avait introduit surtout une plus grande précision des mesures; l'art expérimental lui devait des progrès, qu'on croyait définitifs, et l'on citait avec raison son étude des lois du refroidissement comme un modèle inimitable. Or, dans le long ensemble de ses travaux, Dulong avait vu les

gaz obéir aux mêmes lois de compressibilité et de dilatabilité; et, puisqu'ils avaient des propriétés physiques identiques, il les considérait comme étant composés de molécules indépendantes, privées d'actions réciproques et seulement soumises à la répulsion du *calorique;* il en concluait que leurs dilatations mesurent le calorique et qu'il faut mesurer la température par la dilatation des gaz.

Tel est, en substance, l'enseignement que reçut le jeune Regnault. Il ne l'accepta point; il se dit que peut-être cette identité prétendue des gaz n'était qu'approximative, qu'avant de conclure il faut être sûr des résultats, que la première chose à faire était de recommencer les mesures en les faisant mieux. Alors il n'eut plus qu'un but, celui d'apporter à l'art expérimental de nouveaux perfectionnements. On le vit aussitôt recommencer l'un après l'autre tous les travaux de Dulong, après avoir soumis à la critique la plus sévère tous les appareils et toutes les mesures. Il cherchait toutes les causes d'erreur, pour les corriger *toutes*, multipliait les mesures, pour effacer les erreurs *accidentelles*; et, comme tous les appareils apportent dans le résultat des erreurs particulières à chacun d'eux, il variait à l'infini leur forme et leur grandeur et s'arrêtait rigoureusement au degré d'approximation où ils concordaient tous.

Quand on vient à comparer les appareils de Regnault avec ceux de ses devanciers, on est frappé de l'extrême simplicité de ceux-ci et de l'extrême complication de ceux-là; si l'on cherche la raison de cette différence, on reconnaît que ces appareils simples laissaient subsister une foule de causes d'erreurs qu'on ne pouvait corriger qu'approximativement, tandis que les organes nouveaux que Regnault imagine détruisent ces causes d'erreur et exemptent l'expérimentateur de la nécessité des corrections, et que, si l'appareil se complique, le résultat se simplifie.

Regnault recueillit aussitôt les fruits de ces perfectionnements apportés dans l'art expérimental. Il devint évident que Dulong n'avait vu que les grandes lois générales et n'avait pas poussé l'approximation assez loin pour en découvrir les perturbations. Non, les gaz ne sont point également compressibles; non, ils ne se dilatent pas de quantités égales : chacun a son individualité, tous s'approchent du type idéal exprimé par la loi de Mariotte, aucun n'y obéit absolument. Chacun s'en écarte, avec une compressibilité moindre si on les chauffe, et, si on les refroidit, avec une compressibilité plus grande, qui s'exagère, qui prépare et finit par accomplir la transformation du gaz en liquide. C'est ainsi que M. Regnault a pu prédire et faire admettre, par tous les physiciens, que l'insuffisance des pressions était le seul obstacle à la liquéfaction de l'oxygène et de l'azote, et que l'hydrogène lui-même, s'il était refroidi, prendrait une compressibilité excessive et se liquéfierait. On sait avec quel éclat cette prédiction fut accomplie, et l'Académie n'oubliera pas que, dans la séance où elle en reçut la nouvelle, Regnault siégeait pour la dernière fois au milieu de nous.

Ce n'est point ici le lieu de raconter en détail tous les travaux de Regnault. Il me suffira de dire qu'il a passé en revue toutes les questions de la chaleur statique : il a mesuré la dilatation du mercure et trouvé la formule qui l'exprime; il a discuté de nouveau la question des températures, et s'est décidé pour le thermomètre à air, non qu'il y ait aucune raison théorique de ce choix, mais parce qu'il est le seul thermomètre comparable, c'est-à-dire toujours identique à lui-même. Ce choix le conduisit à reconnaître que les mesures de la force élastique de la vapeur d'eau antérieurement effectuées ne signifiaient plus rien, puisque les températures avaient été mesurées par des thermomètres à mercure qui n'étaient point définis. Il fallait à tout prix les recommencer. Regnault n'hésita point,

il les recommença. A mesure qu'il avançait dans cette revue de la chaleur, les difficultés se multipliaient; mais rien n'était capable de l'arrêter. Il aborda les chaleurs spécifiques, et, suivant son habitude, il étudia tous les corps de la chimie, aussi bien les corps simples que les sels, les solides que les liquides, et enfin les gaz. La loi de Dulong est sortie victorieuse de cette longue épreuve et les chimistes, comme les physiciens, s'accordent pour en proclamer l'importance.

Cette question des chaleurs spécifiques, déjà si vaste et si difficile quand il s'agit des solides ou des liquides, se complique encore davantage quand on veut étudier les gaz. Ceux-ci, en effet, peuvent être échauffés sans changer de pression ou bien sans changer de volume, et, dans chacun des cas, admettent une chaleur spécifique différente. Bien plus, le rapport de ces chaleurs est lié à la vitesse du son. Dès lors, on conçoit l'utilité qu'il y avait à mesurer à la fois et ces chaleurs spécifiques et cette vitesse du son, et il fallait le faire pour tous les gaz. C'était un travail immense et, bien qu'il fût déjà affaibli par un cruel accident qui l'avait conduit aux portes du tombeau, Regnault n'hésita point à l'entreprendre. Il eut le courage, il eut le temps de le terminer, mais ce fut le dernier. Il devint évident que sa belle intelligence allait progressivement s'affaiblir; il payait, comme autrefois Newton et Pascal, la rançon du génie. Un dernier coup lui fut porté par la perte d'un fils, son orgueil et sa gloire, qui était déjà et qui surtout promettait de devenir aussi grand dans les arts que le père l'avait été dans les sciences. Le rôle de Regnault était désormais fini, son agonie commençait : elle a duré jusqu'à hier.

Mais Regnault laisse un monument impérissable : toutes les grandes questions expérimentales relatives à la chaleur étudiées, toutes les lois empiriques des forces élastiques, des chaleurs latentes, trouvées, tous les coefficients numé-

riques mesurés, avec une telle perfection que la critique la plus sévère n'y trouve rien à reprendre, et que la seule pensée de recommencer ces travaux immenses ne peut venir à aucun esprit, tant la conviction est profonde. Ce sont les fondements de la chaleur, bâtis avec une solidité qui défie l'épreuve du temps. Là s'arrêtent le rôle et l'œuvre de Regnault : il n'y a que des nombres, que des coefficients mesurés, que des lois empiriques; il n'y a rien qui ressemble à une théorie.

Mais, au moment précis où ces fondations de l'édifice étaient terminées, une conception hardie sur la nature de la chaleur éclôt subitement, presque en même temps, dans l'esprit de quelques hommes de génie. On démontre que la chaleur enfermée dans les corps n'est qu'une force vive emmagasinée et qu'elle résulte d'un mouvement moléculaire intestin. Aussitôt émise, cette idée se répand, l'analyse mathématique s'en empare et la précise. En quelques années, la théorie mécanique est fondée. Regnault n'a pris qu'une faible part à cet épanouissement des idées nouvelles, étant de ceux qui s'arrêtent à la limite précise où l'expérience finit. Mais c'est dans ses travaux que la théorie nouvelle a puisé à pleines mains tous ses arguments; elle est le couronnement de son édifice, et il semble qu'en cela, la marche scientifique ait été obligée par une logique providentielle, qui a d'abord recueilli et classé tous les faits pour en chercher ensuite les causes. Or ce classement, ces mesures, ces fondations, sont l'œuvre de Regnault; il y a peu d'hommes qui aient laissé derrière eux une trace aussi profonde et bâti un monument aussi glorieux.

DISCOURS DE M. DAUBRÉE,

Membre de l'Académie des sciences, inspecteur général des mines,

AU NOM DU CORPS DES MINES.

Messieurs, le savant illustre dont l'Académie des sciences déplore si profondément la perte appartenait, comme ingénieur en chef, au corps des mines, dont je suis ici l'interprète et qui veut apporter à sa mémoire l'hommage de ses regrets et de son admiration.

L'enfance de Regnault ne fut pas facile : ce n'est pas après de paisibles études, comme il arrive d'ordinaire, qu'il entra à l'École polytechnique. Sa vie commença par des luttes pénibles et l'on vit chez lui, dès l'âge le plus tendre, se manifester la mâle énergie dont il a donné plus tard tant de preuves. Orphelin de père et de mère dès l'âge de huit ans, et privé de ressources, il fut réduit, peu d'années après, à entrer dans une maison de commerce de Paris, où, jusqu'à l'âge de dix-huit ans, il remplit les fonctions les plus humbles. Pendant qu'il s'acquittait de son modeste rôle de commis, il savait, tout en satisfaisant à ses devoirs, dérober à ses maîtres quelques quarts d'heure journaliers pour pénétrer dans la Bibliothèque nationale, qui lui révéla son aptitude pour les sciences. Il conçut ainsi le projet d'entrer à l'École polytechnique, où il fut reçu en 1830.

Sorti de cette pépinière de savants et d'ingénieurs le second de sa promotion, il entra, en 1832, à l'École des mines, comme élève ingénieur.

Comme on peut le supposer, ses études y furent brillantes, quoiqu'il continuât à consacrer une grande partie de ses loisirs à des leçons au dehors, ainsi qu'il l'avait fait précédemment, lorsqu'il se préparait à l'École polytechni-

que et pendant ses deux années de séjour à cette laborieuse École : aussi fut-il classé assez avantageusement pour les terminer en deux ans, au lieu de trois, durée réglementaire. Après avoir fait deux voyages d'instruction, l'un, en 1834, en Belgique et au Hartz, l'autre, en 1835, en Wurtemberg et en Suisse, il rédigea quatre mémoires, qui sont déposés à la bibliothèque de l'École des mines et qui témoignent du succès avec lequel il étudiait toutes les questions techniques. Ils concernent les mines de houille des environs d'Aix-la-Chapelle, les mines et usines du Hartz, les usines à fer de la principauté de Furstemberg et les principales salines du Wurtemberg. Ces voyages lui procurèrent, en outre, le précieux avantage d'entrer en relations scientifiques avec plusieurs des chimistes éminents de l'Allemagne.

Quand il revint de son second voyage, à la fin de 1835, son maître Berthier, toujours bon appréciateur du mérite, le fit attacher au service du laboratoire de l'École des mines. Trois ans plus tard, en février 1838, il fut nommé professeur adjoint de docimasie et directeur adjoint du laboratoire, fonctions qu'il conserva pendant trois ans. Au mois de novembre 1840, d'autres occupations l'obligèrent à s'en démettre et il eut alors Ebelmen pour successeur.

Dès son entrée au laboratoire, on le vit produire des travaux nombreux et des plus remarquables. Il se sentit tout d'abord entraîné vers la chimie organique, alors en plein essor. Mais il fut loin, pour cela, de négliger la chimie minérale, qui faisait partie de ses fonctions. Dans la même année 1837, et malgré une maladie grave, contractée dans les fatigues du laboratoire, il publia deux travaux de premier ordre. Le premier concerne l'action de la vapeur d'eau à une haute température sur les métaux et sur les sulfures, ce qui le conduisait à une nouvelle classification des métaux. L'autre est une étude, magistrale et restée

classique, des combustibles minéraux, considérés dans leur ordre géologique, leur composition et leurs applications industrielles. Tous les ingénieurs et les maîtres de forges connaissent cet utile travail, qui a fait époque dans l'industrie comme dans la science.

Le chimiste de l'École des mines vint aussi en aide à la minéralogie, par ses études sur le diallage et sur le mica, et à la métallurgie, par son procédé de dosage du carbone dans les fontes.

L'ingénieur Regnault, après avoir quitté ses fonctions de professeur à l'École des mines, reçut une mission du ministre des travaux publics, chef de la surveillance administrative des appareils à vapeur, sur la proposition de la commission centrale des machines à vapeur (dont il fut nommé membre en avril 1843) : c'était de déterminer les principales lois physiques et les données numériques qui entrent dans le calcul des machines à vapeur. Par des travaux de l'ordre le plus élevé, dont le rôle important dans nos connaissances vient d'être apprécié, Regnault rendit ainsi des services de la plus haute portée à l'industrie féconde des appareils à vapeur.

Grâces soient rendues à l'administrateur éminent, feu M. Legrand, directeur général des ponts et chaussées et des mines, qui provoqua une mesure doublement féconde pour la science et pour l'industrie en général. Le ministère des travaux publics a aussi droit à une part de reconnaissance pour la subvention dont il a encouragé l'exécution des expériences de Regnault et la publication de leurs résultats.

A ce sujet, je ne crois pouvoir mieux faire que de citer textuellement la déclaration officielle suivante, insérée au *Moniteur*, pour motiver la promotion exceptionnelle au grade d'ingénieur en chef, qui suivait immédiatement la publication du premier volume des *Résultats d'expériences* : « Les nombreuses expériences auxquelles s'est livré M. Regnault l'ont conduit à formuler de nouvelles

données, d'après lesquelles certaines lois physiques, admises jusqu'à présent dans la science, se trouvent rectifiées ou démontrées par le calcul. Les résultats obtenus par ce savant ingénieur, compris dans une série de mémoires dont la publication a été ordonnée par l'administration, constituent l'un des plus remarquables travaux de physique expérimentale qui aient été exécutés. C'est à la fois un monument scientifique et un travail de la plus haute utilité pour l'industrie, qui honore et son auteur et le corps des ingénieurs des mines, dont la mission et les services grandissent chaque jour (*). »

Regnault faisait une application non moins heureuse de ses travaux théoriques, quand il contribuait si efficacement à transformer la fabrication du gaz d'éclairage, et qu'il y prenait la part la plus active dans une commission spéciale nommée à ce sujet, conjointement avec trois membres éminents de l'Académie des sciences, MM. Morin, Chevreul et Peligot. En déterminant les éléments pratiques de la production du gaz, il faisait une nouvelle et heureuse application de ses études sur la constitution des combustibles minéraux.

Ce fut aussi par une justice rendue à la science, aux connaissances de l'ingénieur et aux aptitudes d'artiste héréditaires dans sa famille, que Regnault fut appelé, en 1852, à la direction de la manufacture de Sèvres, pour y succéder à l'ingénieur des mines Ebelmen, fonction qu'il remplit jusqu'en 1870.

Personne ne fut mieux doué que Regnault. A part la puissante intelligence et le génie que chacun connaît, avec cet esprit si lucide et si juste, inaccessible aux hypothèses et qui n'acceptait que ce qu'il jugeait démontré, il possédait une dextérité exceptionnelle, qui s'était annoncée par son habileté dans tous les genres de dessins et qu'il mit

(*) *Moniteur universel* du 14 septembre 1847.

plus tard bien heureusement à profit dans l'établissement des appareils les plus délicats, instruments de ses grandes découvertes.

Malgré tous ces avantages, peu d'hommes ont été, comme on le sait, plus cruellement frappés, pendant les dernières années de la vie. Quel douloureux contraste, si nous nous reportons à trente-cinq années en arrière, lorsque nous nous le rappelons, ayant vaincu toutes les difficultés de son adolescence, avec tous les charmes séduisants de la jeunesse et de l'esprit, entouré d'une charmante famille dont il était l'idole, au milieu des succès les plus brillants, recevant de toutes parts les honneurs les mieux mérités ! Sa foi religieuse pouvait seule le consoler, et cette consolation ne lui a pas manqué.

Qu'il soit permis à un de ses camarades et plus anciens amis de joindre ici l'expression personnelle de son affection et de sa douleur à l'hommage du corps des mines et de l'École des mines, qui conserveront toujours la mémoire de Regnault comme un de leurs titres les plus glorieux.

DISCOURS DE M. LABOULAYE,

Membre de l'Académie des inscriptions et belles-lettres,

AU NOM DU COLLÉGE DE FRANCE.

Messieurs, au nom du Collége de France, je viens rendre un dernier hommage à notre illustre et regretté collègue, M. Victor Regnault.

Il nous a appartenu pendant trente années, qui ont été les plus fécondes et les plus heureuses de sa vie.

Lorsque, en 1841, le Collége de France et l'Académie des sciences appelèrent Victor Regnault à recueillir l'héri-

tage de Savart et d'Ampère, tout le monde applaudit à ce choix excellent. Quoique bien jeune encore, Regnault, déjà membre de l'Institut, avait des titres assez considérables pour qu'on ne le jugeât pas indigne de succéder à ces glorieux devanciers.

Peu de débuts ont été aussi brillants que le sien. Ce jeune homme, qui avait l'air et la vivacité d'un adolescent, était un professeur accompli. On n'a pas oublié son cours d'optique : c'était la première exposition méthodique des belles recherches de Fresnel et d'Arago. De cet auditoire, où les élèves étaient plus âgés que le maître, est sortie toute une génération de savants, parmi lesquels, pour ne parler que des morts, on me permettra de citer un homme trop tôt enlevé à la science, M. Foucault.

Un peu plus tard, M. Regnault aborda l'étude de la chaleur. Il soumit à un contrôle sévère une théorie généralement acceptée, mais qui ne répondait plus à la variété des faits observés. Pendant de longues années, ces recherches, poursuivies avec une patience et un soin sans pareil, ont donné au laboratoire de physique du Collége de France un renom universel. On venait de l'étranger pour suivre ces travaux qui intéressaient l'industrie non moins que la science. On ne se lassait pas d'admirer l'observateur habile et ingénieux qui apportait à ces expériences difficiles un degré de finesse et de précision que la nature des phénomènes ne paraissait pas comporter.

Parvenu à la maturité de l'âge et du talent, M. Regnault pouvait regarder l'avenir sans crainte, quand il fut frappé d'une façon terrible. Le 19 janvier 1871, son fils, le digne héritier de son nom, la gloire de sa vieillesse, tombait héroïquement à Buzenval ; et, pour comble de malheur, notre cher collègue n'avait pas même le refuge de l'étude, la dernière consolation de ceux qui souffrent, parce qu'elle leur permet au moins d'oublier : ses papiers, ses appareils, restés à Sèvres, avaient été détruits ou dispersés par l'en-

nemi. M. Regnault ne devait plus retrouver les manuscrits où, durant plusieurs années, il avait consigné une longue série d'expériences si délicates, qu'il est permis de craindre qu'on ne les reprenne pas de longtemps.

En 1873, de nouveaux deuils lui portèrent le dernier coup. L'âme et le corps brisés, Victor Regnault ne fit plus que languir.

Quelquefois sa pensée se ranimait et réveillait en lui le souvenir de ses études favorites. Il avait fait transporter à la campagne les débris de son laboratoire de Sèvres; il voulait consacrer le peu qui lui restait de vie à reconstituer une sorte de musée historique de ses expériences, afin de transmettre à des successeurs plus heureux le flambeau qui lui tombait des mains.

C'était le rêve d'un malade dont les instants étaient comptés. Il nous a été enlevé au jour anniversaire de la mort de son fils, le 19 janvier, date fatale à inscrire sur le tombeau de deux hommes qui tous deux ont honoré la France et que la France n'oubliera pas. Pour nous, qui avons connu et aimé Victor Regnault, nous garderons pieusement son souvenir; nous mettrons son nom à côté de celui des Ampère, des Savart, des Biot, des Balard, des Élie de Beaumont, de tous ces savants qui ont fait la gloire du Collége de France, non-seulement par l'éclat de leurs découvertes, mais aussi par l'exemple d'une vie dévouée tout entière à la poursuite de la vérité.

ÉLOGE DE GABRIEL LAMÉ,

INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES,

Par M. J. BERTRAND, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences,
lu dans la séance publique annuelle du 28 janvier 1878.

Messieurs, Gabriel Lamé a mérité la louange la plus haute qu'on puisse décerner à un homme de science: en poursuivant la vérité avec ardeur, il n'a jamais désiré qu'elle; ni la recherche de la fortune ne l'a détourné de sa route, ni l'espoir d'un grand nom n'y a dirigé ses pas. Capable des théories les plus hautes comme des applications les plus minutieuses, il n'a voulu ni s'enfermer dans la pure abstraction, où de brillants débuts et un génie, plus brillant encore, lui auraient permis d'égaler les plus illustres, ni s'adonner à la pratique, où de premiers succès semblaient lui promettre, presque lui offrir une fortune noblement acquise.

Remonter vers la source des phénomènes physiques aussi haut que puisse atteindre l'intelligence humaine; rattacher à un même principe des vérités dont l'étroite liaison est trop évidente pour que les plus aveugles puissent la méconnaître, trop cachée cependant pour que les plus habiles osent la préciser; signaler, sans fausse modestie, l'harmonieux enchaînement de ses formules, comme un indice certain de la vérité entrevue; aller avec franchise au-devant des difficultés et des doutes, en pressant ses disciples de les éclairer un jour, telle est la noble tâche à laquelle un des esprits les plus pénétrants et les plus élevés de notre époque a dépensé, avec une ardeur que l'âge semblait accroître, cinquante années d'ingénieuses méditations et de travaux solidement fondés.

Lamé naquit à Tours, le 22 juillet 1795 (4 thermidor an III, comme on disait alors). La fortune étroite et mal assurée de sa famille ne permettait le superflu en aucun genre; la nourriture de l'esprit, comme celle du corps, était réduite au nécessaire : le jeune Gabriel fut envoyé à l'école. La nécessité des affaires ayant appelé son père à Paris, il suivit comme externe, avec un médiocre succès, les classes du lycée Louis-le-Grand. Pressé cependant d'utiliser le savoir acquis, il interrompit ses études à l'âge de seize ans, pour entrer chez un homme de loi, M. Dupont. Tout en s'acquittant vite et bien d'un travail contraire à ses inclinations, le jeune Lamé ne pouvait y accommoder ses projets d'avenir. Au milieu des livres de chicane de son patron, il rencontra par hasard la géométrie de Legendre : la séduction fut irrésistible.

Un matin, sans prévenir et sans consulter personne, il reprit en tremblant le chemin du lycée et, mêlé à ses anciens condisciples, alla s'asseoir dans la classe de mathématiques. M. Dupont, qui était un excellent homme, fondant d'ailleurs peu d'espérances sur son dernier clerc, garda le secret de ses absences; mais le *Moniteur officiel*, moins discret, en publiant à la fin de l'année les noms des lauréats du concours général, apprit à M. Lamé père l'escapade de son fils et la fit pardonner. Un an après, Lamé entrait le troisième à l'École polytechnique.

Malgré les progrès accomplis, les jeunes gens, restés jeunes comme au temps de Molière, n'avaient pas acquis « *toute* la prudence qu'il aurait fallu pour ne rien faire que de raisonnable. » La promotion de Lamé prit fait et cause pour des camarades qui méritaient peut-être quelques jours de salle de police : elle fut licenciée!

« Nous avions reconnu, dit l'ordonnance royale de licenciement, l'utilité de l'École polytechnique pour le progrès des sciences et des arts et l'amélioration des travaux publics; mais la désobéissance récente et générale de

cette école aux ordres de ses chefs, en même temps qu'elle mérite une prompte répression et un exemple pour l'avenir, vient de nous prouver que ces élèves, s'ils étaient introduits dans les services publics, y porteraient l'esprit d'indiscipline dont ils sont animés. »

Les feuilles publiques, aujourd'hui, jugeraient une telle mesure de très-haut, en bien ou en mal, suivant leurs passions, leurs préjugés et surtout leur drapeau ; précaution nécessaire pour les unes et acte de sage prudence, elle serait, pour les autres, une brutalité sans excuse. On s'exprimait moins librement en 1816 ; les journaux du temps publient le décret de dissolution sans commentaire. Une courte brochure, dont l'exemplaire déposé à la Bibliothèque nationale est peut-être unique aujourd'hui, salue comme un bienfait la suppression de l'École polytechnique. Le fougueux auteur, qui, s'il faut en croire le *Dictionnaire des Anonymes*, serait l'abbé de Lamennais, applaudit vivement à une mesure qui, « en attestant la gravité du mal, y applique le seul remède véritablement efficace ».

Le professeur de littérature était alors un poëte aimable, dont la parole sans fiel, mais non sans malice, a, dans cette salle même, charmé plus d'une fois les esprits délicats. Son éminent successeur a pu dire de lui, sans rien sacrifier aux traditions de courtoisie académique : « Il m'est doux d'avoir à louer devant vous un prédécesseur homme d'esprit et de bien, homme de lettres véritable, que notre puissante Révolution saisit un instant, emporta au milieu des orages, pour le déposer pur et irréprochable dans un asile tranquille, où il enseigna utilement la jeunesse. »

Andrieux, en effet, au milieu des orages de la Révolution, avait accepté et rempli dignement un très-modeste rôle. L'auteur de la brochure, qui s'en souvient, le poursuit jusque dans l'asile où, pour délasser utilement

une jeunesse studieuse, il commenta Corneille et Molière avec admiration, Jean-Jacques avec sympathie et Voltaire sans indignation. Son zèle amer le fait responsable de tout le mal, sans oser toutefois, car sa plume s'y refuse, transcrire les dégoûtants blasphèmes dont le bon Andrieux n'a pas rougi de salir toutes les pages de ses livres, espérant « que l'École polytechique, organisée dans un nouvel esprit, offrira désormais à l'État, au roi, à la religion, aux mœurs, une garantie plus rassurante que l'influence d'un rimailleur philosophe ou d'un philosophe rimailleur ».

Andrieux était un sage, sa douce philosophie méprisait les injures et ce grossier langage ne lui inspira pas même une épigramme. Lamé fut moins patient; prenant en main la cause de son école, il voulut, par le rapide tableau d'un passé déjà glorieux, confondre le calomniateur. La brochure qu'il composa fut jugée dangereuse et saisie. La Bibliothèque royale elle-même n'en reçut pas d'exemplaire et les premières épreuves, conservées par la famille, sont *aujourd'hui* tout ce qui en reste.

Les censeurs, heureusement pour eux, ne travaillent pas pour la postérité; elle aurait en quelque peine à comprendre leur rigueur pour la première œuvre d'un esprit très-brillant et très-fin, fort attentif déjà à garder la mesure et incapable d'oublier la prudence.

Les six mois qui suivirent le licenciement furent, pour Lamé, pleins d'inquiétudes et d'angoisses. L'avenir, assuré la veille, devenait tout à coup incertain et précaire; il fallait gagner sa vie, et la situation de sa famille rendait tout délai insupportable. « J'ai pleuré, écrit-il à la première page d'un journal régulièrement tenu du 15 août au 14 octobre 1816, j'ai pleuré mes espérances entièrement déçues. » Il court chez ses anciens maîtres, pour demander aide et conseil. On lui propose la place de secrétaire d'un sous-préfet; mais il faut de la discrétion et, en toute matière, des opinions

conformes à celles du gouvernement. Il était fort indécis, quand le sous-préfet, après l'avoir vu, le trouva trop jeune pour lui confier les secrets de son arrondissement. On lui propose ensuite un emploi au Brésil. Il recevra, pour se préparer, 120 francs par mois, et cela le tente fort; mais il faut s'engager à savoir la chimie générale, à connaître les procédés d'extraction des terres et alcalis, la métallurgie, l'exploitation des mines, l'art du tanneur, l'art du potier, les procédés d'étamage des glaces, la minéralogie, la botanique, la mécanique pratique, la composition des couleurs, la préparation des tabacs, la fabrication des chandelles et des bougies de cire, et la langue portugaise.

Dans son inquiétude, il consulte Thénard, qui lui conseille de passer un mois dans une tannerie et de beaucoup manipuler. Il préfère étudier d'abord la langue portugaise et, s'il faut en juger par quelques pages particulièrement confidentielles de son journal, correctement écrites dans cette langue, il y fait de rapides progrès. Tout en étudiant dans l'*Encyclopédie* l'art du tanneur et celui du potier, il donne des leçons de mathématiques, péniblement obtenues d'abord et qu'on lui paye 2 francs. Mais les élèves sont de jour en jour plus nombreux et le succès devient *effrayant;* on le supplie d'accepter de nouveaux élèves. Son esprit déjà inventif, en discutant d'élégants problèmes, savait remonter aux théories générales, ingénieusement éclairées par des applications heureuses et parfois agrandies par des rapprochements imprévus. Tel est le caractère de son premier écrit scientifique.

L'*Examen des différentes méthodes employées pour résoudre les problèmes de géométrie*, très-rare aujourd'hui et très-justement prisé par les maîtres, fit partager au public le meilleur fruit de ces leçons si recherchées. Il a précédé, on ne doit pas l'oublier, la *Théorie des propriétés projectives* de Poncelet et l'*Aperçu historique* de M. Chasles. Ces deux grands maîtres de la géométrie moderne, en rencontrant

Lamé au seuil des voies nouvelles, l'ont salué tous deux au passage. M. Chasles cite avec éloge la construction d'une surface du second ordre passant par neuf points, premier pas, dit-il, dans une voie devenue féconde, et Poncelet, en démontrant par ses méthodes un élégant théorème qu'il généralise, en attribue loyalement la découverte à Lamé.

Après une année d'attente et d'inquiétudes, les élèves licenciés, sans rentrer à l'École polytechnique, furent admis à subir leurs examens de sortie. Lamé, classé en tête de la liste, devint élève ingénieur des mines. Sans interrompre ses études mathématiques, il sut garder, pendant trois ans, pour la théorie comme pour les applications, le premier rang dans sa promotion.

Le gouvernement russe, voulant fonder, en 1820, une école des voies de communication, en demanda les premiers maîtres à la France. La tradition et l'esprit de l'École polytechnique semblaient la meilleure des garanties et le plus désiré des modèles. Les professeurs de l'École des mines, consultés, désignèrent Lamé et Clapeyron, tous deux encore élèves ingénieurs. Ils acceptèrent sans hésiter, non moins désireux de faire honneur à la grande École, dont la bonne renommée était leur meilleur titre, qu'empressés de recueillir les avantages promis et la haute situation libéralement stipulée pour eux.

Beaucoup de science ne suffisait pas, le succès exigeait un esprit judicieux et un talent flexible; les cours de l'École polytechnique s'adressaient à des élèves d'élite, familiarisés dès longtemps avec les éléments. Il fallait, à Saint-Pétersbourg, réduire surtout les principes en exemples, éloigner les subtilités et, préférant la clarté à la rigueur, guider les élèves vers l'application, non les armer pour la dialectique.

Un conseil supérieur, analogue à celui des ponts et chaussées en France, dirigeait et administrait les grands travaux publics. Les études et les rapports demandés à Lamé et à

Clapeyron par ce conseil devinrent bientôt leur tâche principale; comme, sur les projets soumis à leur examen, ils retrouvaient souvent la signature d'un ancien élève, ils purent juger leur enseignement par ses fruits et voir, dans une entière évidence, le succès pratique de leurs doctes leçons.

L'église Saint-Isaac, à Saint-Pétersbourg, commencée sur un plan modeste, avait acquis, avant l'achèvement des travaux, par suite des embellissements du quartier, une importance qu'on n'avait pas prévue. Un architecte français, Ricart de Montferrant, proposait, avec une hardiesse dont on s'alarmait, d'en accroître l'étendue et la magnificence, en imposant des charges nouvelles aux fondations déjà préparées. On consulta Lamé et Clapeyron, qui, non contents de comparer le projet aux règles classiques qu'ils enseignaient d'après leurs maîtres, voulurent, pour en mieux juger, en reprenant la théorie des voûtes dans ses principes, éprouver les règles elles-mêmes.

Depuis longtemps déjà, l'art des ingénieurs et la pratique des architectes (mieux justifiés, il est vrai, par le succès que par le raisonnement) permettaient de varier à l'infini les dimensions et la forme de voûtes élégantes et solides; mais là ne saurait être le terme de la science. Lamé et Clapeyron, sans abolir ces règles précieuses, mais suspectes d'empirisme, espéraient les perfectionner, les expliquer, les confirmer peut-être, par des lois rigoureuses et précises, moins désireux d'épargner quelques mètres cubes de maçonnerie que d'accroître d'un beau problème le domaine de la géométrie et de la pure vérité.

Le mémoire des deux amis, envoyé à Paris, mérita les louanges de Prony et obtint l'approbation de l'Académie des sciences, sans réussir à les satisfaire eux-mêmes. Plus d'une objection les inquiétait encore; très-heureusement, car, impatients de toute hypothèse et réunissant de nouveau leurs forces pour les écarter dès le principe, ils étu-

dièrent les lois jusqu'alors inconnues de la pression intérieure dans les corps solides.

Un illustre ingénieur, membre de cette Académie, Navier, avait essayé avant eux une théorie presque semblable, en la faisant reposer sur le même principe, malheureusement contestable. Lamé et Clapeyron admettaient, en effet, comme Navier, que, à l'intérieur d'un corps solide abandonné à lui-même, il n'existe aucune pression. Toujours prêtes à résister, les molécules, dans l'état naturel, seraient sans action mutuelle, en repos par l'absence de toute force, non en équilibre par leur mutuelle destruction; une force extérieure et un premier déplacement seraient l'occasion nécessaire et l'origine de leur énergie. L'incertitude visible de cette hypothèse est faite pour laisser bien des doutes, elle n'altère pas heureusement les formules finales. Lamé et Clapeyron n'avaient donc pas trop présumé de leurs forces; sans atteindre exactement le but, ils avaient rejoint sur la route et devancé, dès leurs premiers pas, un de leurs maîtres les plus éminents.

Deux ans après son arrivée en Russie, Lamé épousa une jeune Française, Mlle Bertin de Géraudon, qui, dans les modestes fonctions d'institutrice, avait su se concilier la respectueuse affection et mériter la haute estime de tous. L'aimable et excellent Xavier de Maistre, en servant de témoin à son mariage, s'efforça de lui faire oublier, par sa bonne grâce empressée, l'absence de sa famille et l'éloignement de sa patrie. Doublement attirée dès lors vers la maison hospitalière du jeune ingénieur, la colonie française, très-brillante alors à Saint-Pétersbourg, aimait à s'y réunir. Là se formèrent de précieuses amitiés, qui suivirent en France M. et Mme Lamé; elles furent l'occasion et peut-être la cause de leur prompt retour.

Au mois de juillet 1830, la chute d'un trône mal affermi vint agiter et troubler l'Europe, en effrayant tous les souverains. Chargé alors, depuis quelques mois, de visiter

l'Angleterre pour étudier les progrès de l'industrie et rapporter en Russie les inventions nouvelles, Lamé trouva à son retour la société de Saint-Pétersbourg émue et troublée. Le gouvernement combattait les idées libérales avec une sorte de rage; son inquiète police trouvait des coupables partout. Suspects de sympathie pour une révolution détestée, les Français excitaient surtout sa défiance. Clapeyron, dénoncé pour avoir parlé trop librement, avait été envoyé *en mission* à Witegra, sur la route d'Arkhangel, pour surveiller des travaux qui n'étaient ni commencés ni projetés. Un cosaque qui l'y attendait, n'ayant pas d'instructions secrètes, lui communiqua sa consigne : elle était de lui obéir en tout, dans l'intérieur du village, mais de tirer sur lui s'il tentait d'en sortir. De puissantes influences et le besoin qu'on avait de ses conseils réduisirent l'exil de Clapeyron à quelques mois.

Vivement ému par la disgrâce de son ami et justement inquiet de l'avenir, Lamé écrivait à son père : « Reviendrais-je à Paris grossir la foule des solliciteurs et risquer la fortune ou la misère? Il me semble difficile de me prononcer entre deux écueils également dangereux. Si je quitte la Russie, je perds toute espérance de pension pour l'avenir, et le sort de ma famille devient incertain et même effrayant. Si je reste, adieu la France, adieu la vie intellectuelle.... Tu vois maintenant, ajoute-t-il, ce qui cause mes tourments et mes chagrins. Encore, si ma santé ne me donnait pas aussi quelques inquiétudes, je pourrais essayer d'arriver à Paris avec ma femme et mes trois enfants. A force de soins et de persévérance, je parviendrais, sans doute, en quelques années, à ramener dans ma famille un peu d'assurance et de bonheur; mais quelques indispositions semblent m'avertir qu'une vieillesse prématurée m'empêcherait d'arriver au but. »

Il tint conseil avec Clapeyron. Après avoir longuement discuté le pour et le contre, et consulté *amis et docteurs*,

ils envoyèrent leur démission, qui fut acceptée sans dédommagement.

Avant la fin de l'année 1831, les deux amis étaient de retour en France. Associés à deux ingénieurs de grand avenir, Stéphane et Eugène Flachat, Lamé et Clapeyron se tournèrent d'abord vers l'industrie, en ne se proposant rien de moins que de devenir, pour les grandes entreprises, les conseils officieux du public et des compagnies. Nous nous proposons, disent-ils dans un programme longuement motivé, de donner notre opinion sur l'utilité, comme entreprise ou comme spéculation, de tout projet de travail public proposé, de provoquer l'examen et l'étude des travaux qui nous paraîtraient utiles, et de faire nous-mêmes les études pour les compagnies qui nous en feraient la demande. En s'adressant ensuite au gouvernement, ils l'engageaient à entreprendre ou à subventionner pour deux milliards de travaux exactement définis, savamment discutés et dont un grand nombre, reconnus sages et utiles, ont été réalisés depuis.

Il n'y avait pas apparence que des projets aussi lointains absorbassent longtemps des esprits créateurs, impatients et actifs. Lamé et Clapeyron devinrent ingénieurs du chemin de fer de Paris à Saint-Germain. Ni la science des vérités de pratique ne manquait à Lamé, ni l'attention clairvoyante aux plus minutieux détails; mais il avait de grandes idées à produire et de beaux problèmes à résoudre : il voulut s'y appliquer tout entier. Après avoir terminé ses études sur le terrain et confiant dans le succès qui devait, dans un avenir éloigné, il est vrai, assurer l'aisance de sa famille, il renonça pour toujours à l'art de l'ingénieur et, changeant de carrière sans changer de dessein et de but, il commença une vie nouvelle. Les suffrages de l'Académie des sciences, en l'appelant bientôt après à la chaire de physique de l'École polytechnique, s'adressaient à un éminent esprit plus encore qu'à un physi-

cien éprouvé. Lamé, pour marcher sûrement, commença, suivant sa coutume, par rechercher la direction et la voie du progrès. Il reconnut l'exacte précision des faits ingénieusement classés dans des théories distinctes, souvent contraires, admirables quelquefois dans leur isolement, mais séparés par de profondes ténèbres. Pendant deux années de méditations solitaires, il étudia docilement les principes acceptés, en vit sur plus d'un point le désaccord, souvent la faiblesse, et ne voulut ni cacher ses doutes ni s'y résigner.

Lamé ne possédait qu'à un faible degré les qualités spéciales d'un professeur; la profondeur, dans ses leçons, nuisait à la clarté. Les élèves cependant le respectaient et l'aimaient, comme leurs anciens avaient aimé et respecté Ampère, très-justement, car si sa parole attentivement écoutée ne dissipait pas tous les nuages, si plus d'un passage de ses leçons lithographiées exigeait de longues études, suivies avec ordre et renouvelées avec patience, nul ne lui contestait la solidité du savoir, l'élévation de la pensée et la force d'entraîner les esprits vigoureux; on croyait, sans ironie pour personne, rendre un hommage flatteur à l'intelligence d'un camarade quand on disait de lui : « Il comprend son Lamé! » Lamé donnait parfois dans de trop hautes régions une trop abondante moisson, sans laisser un seul grain d'ivraie à rejeter, et, quand il racontait les expériences sans les reproduire, ceux qui, malgré leur zèle, le suivaient d'un peu loin, n'en accusaient que leur faiblesse.

Affectueux et cordial, non-seulement patient, mais reconnaissant, quand on le consultait et lui demandait aide, Lamé faisait effort pour s'accommoder à la portée de chaque esprit; il montrait alors une science si précise, un esprit si habile à établir sur des preuves irréfutables les vérités qui se démontrent, si ingénieux à évoquer des ténèbres celles qui se devinent seulement, que, le trouvant toujours

prêt et convaincu et le sachant une des gloires du pays, l'élève se retirait fier de lui pour son école, pénétré des grandeurs de la science, capable d'en respecter les victoires et empressé à y applaudir.

L'administration des mines, sans pouvoir confier à Lamé un service actif, conservait sur la liste des ingénieurs un nom dont elle était fière. Il fut promu, en 1836, au grade d'ingénieur en chef. Les amis de Lamé retrouveront, dans sa lettre de remercîment au directeur général, toute la modestie de son esprit et la chaleur généreuse de son cœur :

« C'est avec un sentiment de plaisir mêlé de surprise que j'apprends, écrit-il, ma nomination au grade d'ingénieur en chef. Cette nouvelle preuve de votre constante bonté à mon égard me pénètre d'autant plus que j'étais loin de la prévoir. La part que j'ai pu prendre aux travaux du corps des mines est si indirecte et si faible que je pensais n'avoir aucun droit à l'avancement. La vive reconnaissance que j'éprouve est cependant accompagnée d'un sentiment pénible, et je penserais manquer à un saint devoir si je ne vous développais ici toute ma pensée.

« Sorti de l'École des mines avec M. Clapeyron, nous avons supporté ensemble les peines d'un exil de onze années; nos travaux ont été longtemps communs; nos noms se sont toujours suivis, lors de notre avancement à l'étranger et en France, dans la promotion aux grades d'aspirant, d'ingénieur de seconde et de première classe. Je m'étais ainsi habitué à recevoir des faveurs constamment partagées par celui que tant de circonstances avaient fait mon ami. En voyant nos noms séparés pour la première fois, je ne puis m'empêcher de ressentir une peine d'autant plus vive que c'est moi qui profite de cet isolement, moi surtout dont les droits me paraissent les plus douteux. J'ose espérer de votre bon cœur que vous excuserez l'aveu que je viens de faire : c'est un cri de douleur que ma volonté ne pouvait retenir. »

Dans un savant mémoire, envoyé de Russie à l'Académie des sciences, sur la propagation de la chaleur dans les polyèdres, Lamé, qui cette fois avait travaillé seul, en se montrant familier avec les progrès les plus récents de la science mathématique, faisait paraître, dès les premières pages, cet esprit méthodique et patient, qui, soigneux de déblayer la route pour la parcourir jusqu'au bout, cherche, dans l'étude des questions particulières, un point d'appui seulement pour s'élever plus haut et confirmer les principes.

« De toutes les équations offertes par l'analyse physico-mathématique, dit-il, les plus simples sont celles qui expriment les lois de la propagation de la chaleur dans les corps solides homogènes : il y a tout lieu de croire, d'après cela, qu'on ne parviendra à la découverte des équations intégrales qui représentent les phénomènes physiques d'un corps solide de forme donnée qu'en cherchant d'abord celles qui appartiennent au phénomène particulier du mouvement de la chaleur dans ce corps. S'il suppose le corps solide polyédrique, c'est que cette forme, sans intérêt spécial pour les études calorifiques, doit au contraire s'imposer quand, traitant la matière à un autre point de vue, on se proposera, soit d'évaluer les efforts supportés et les résistances offertes par les différentes parties d'une construction, soit quand on arrachera à l'analyse le secret de la double réfraction et de la polarisation, ou qu'on se proposera d'étudier les conditions qui président à la formation des cristaux. »

Lamé révèle, dans ces lignes, l'espérance incessamment poursuivie et la pensée dominante de son esprit. Il n'ignore pas, en esquissant le dénombrement de ces hautes et difficiles questions réservées à l'avenir, que ses juges, sur plus d'un point, croyaient en posséder la solution. Il connaissait les admirables travaux de Fresnel sur l'optique et l'École des mines lui avait enseigné, dans le détail, les

grandes vues d'Haüy sur la formation des cristaux. Mais, en admirant l'élégance de ces théories isolées, il n'y voyait rien de définitif; aucune place ne leur était réservée dans l'édifice harmonieux dont il esquissait le plan et auquel il a travaillé jusqu'à l'épuisement de ses forces. La nature garde encore d'innombrables secrets. A la géométrie seule, il le disait hautement, était réservée la gloire de les lui arracher tous ensemble.

De telles aspirations et de si hardies tentatives révélaient tout au moins un esprit puissant et élevé : la nomination de l'auteur d'un mémoire purement mathématique à la chaire de physique de l'École polytechnique fut la marque, flatteuse et méritée, de la haute estime inspirée à l'Académie. En poursuivant ses études sur la propagation de la chaleur, Lamé présenta, peu de temps après son retour en France, un mémoire sur les surfaces isothermes. Poisson, juge souvent sévère, aperçut du premier coup d'œil la fécondité de la méthode employée et le rare mérite de l'auteur. Quelques semaines après la présentation du mémoire, un rapport très-louangeur, sans l'être assez pourtant, l'avenir l'a prouvé, demandait l'insertion du mémoire dans le *Recueil des savants étrangers*.

En résolvant, par une méthode dont aucun géomètre aujourd'hui n'ignore les détails, la question qu'il s'était proposée, Lamé ouvrait des voies nouvelles dans le calcul intégral, dans la géométrie et dans plus d'une branche de la physique mathématique. Une grande partie de son activité et son ardente curiosité tout entière resteront dirigées vers la physique; mais il pourra, dès ce moment, traiter d'égal à égal avec les géomètres les plus illustres. Les géomètres, seuls juges en effet de la difficulté vaincue et de l'élégance des formules, pouvaient seuls admirer leur simplicité toujours croissante en approchant de la conclusion.

A ceux qui, trouvant la géométrie trop prodiguée dans

ces questions subtiles où la physique pure ne reçoit aucune utilité immédiate, demanderont pourquoi ce désir si curieux de calculer jusqu'à la dernière précision la loi des températures dans des conditions irréalisables, il faudrait répéter la belle et profonde réponse de Leibnitz : le mémoire de Lamé perfectionnait l'art d'inventer. Cela est vrai à la lettre. Admiré, il y a quarante ans, pour la nouveauté de la méthode, le beau mémoire sur les surfaces isothermes est aujourd'hui un chef-d'œuvre classique, et les coordonnées curvilignes dont il enseigne et organise l'emploi, armes puissantes et souvent éprouvées depuis, ont triomphé sur toutes les voies de la science.

Les applaudissements immédiats ne lui firent pas défaut et les rapides succès de la féconde méthode vinrent, en les justifiant, en relever singulièrement le retentissement et l'éclat. M. Liouville, en réimprimant avec empressement le mémoire de Lamé pour les lecteurs de son journal, en signalait chaleureusement l'importance. L'illustre Jacobi, dont le génie mathématique n'a été surpassé en aucun temps, ayant donné pour fondement à l'une de ses découvertes les transformations employées par Lamé, en prenait occasion pour saluer, dans l'inventeur de la méthode, un des mathématiciens les plus pénétrants. M. Chasles obtenait, en la transportant à la théorie si souvent étudiée de l'attraction des ellipsoïdes, des démonstrations et des résultats admirés comme un modèle d'élégance et de généralité.

M. Liouville, après avoir rappelé, en esquissant l'histoire de la théorie de l'équilibre des mers, que « les progrès continus de l'analyse rendent souvent accessibles au bout d'un temps très-court les problèmes que l'on avait, au premier aperçu, regardés comme insolubles », déclarait, en terminant devant l'Académie la lecture de son propre mémoire, que, « en ayant recours à certaines fonctions heureusement introduites en analyse par M. Lamé, à

l'occasion d'un problème relatif à la théorie de la chaleur, il avait réussi, en quelque sorte, à ajouter un chapitre nouveau à la mécanique céleste ». M. Kirchoff à son tour, en étudiant le mouvement de l'électricité dans une plaque conductrice, retrouvait, en changeant seulement la signification des lettres, les formules données par Lamé. Lamé enfin, persévérant dans sa propre voie, y rencontrait, comme corollaire étroitement uni à l'étude de la chaleur, la grande théorie qui, vingt ans avant, avait immortalisé le nom d'Abel et commencé la gloire de Jacobi.

Si, franchissant enfin plus de quarante années, nous ouvrons les *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences* pour le second semestre de 1877, nous y trouvons deux beaux mémoires, l'un dans lequel M. Hermite généralise l'étude d'une équation dont l'intégration, dans un cas particulier, a été « l'une des plus belles découvertes auxquelles est attaché le nom de Lamé », l'autre de l'éminent géomètre italien, M. Brioschi, intitulé : *Sur l'équation de Lamé.*

Aux yeux de Lamé, la science était une et les rapprochements, même dans les seules formules, entre des théories encore distinctes, étaient l'indice certain d'une doctrine plus générale qui doit un jour les embrasser toutes. La distinction entre les mathématiques pures et les mathématiques appliquées était, à ses yeux, dangereuse et fausse.

Le progrès de l'analyse, suivant lui, doit toujours, en effet, tendre aux applications, naître à leur occasion, les annoncer quelquefois, sans pouvoir, dans la marche nécessaire de la science, les devancer de beaucoup. La rénovation de la physique devait être infailliblement l'œuvre glorieuse de la géométrie et, si l'expérience doit conserver l'avantage d'être la seule base solide de toute vérité physique, le raisonnement et le calcul, en s'appuyant sur elle, s'élèvent plus haut et portent plus loin. Ils ne

créent pas la lumière, mais ils la dirigent; sans eux, on marche dans les ténèbres. Loin de se prêter à toutes les hypothèses, c'était l'ardente conviction de Lamé, l'analyse mathématique reste impuissante et stérile tant qu'on n'a pas trouvé les vrais principes. Le droit chemin, pour elle, par une heureuse fortune, est le seul praticable; elle ne l'enseigne pas, mais, en l'éclairant, elle lui sert d'épreuve.

Tel était souvent son langage, telles furent constamment ses maximes: à elles seules il reportait l'honneur de ses plus brillants succès.

Parmi les travaux mathématiques de Lamé, fruits spontanés pour ainsi dire d'un esprit rigoureux et subtil, il faut citer au premier rang son mémoire sur le théorème si rebelle de Fermat, dans le cas où l'exposant est égal au nombre sept. Ce beau travail inscrivit son nom dans un chapitre singulier de l'algèbre, dont l'effort infructueux et souvent renouvelé des plus grands géomètres fait la célébrité et toute l'importance. Sur ce terrain de difficile accès, que, sur les traces de Lagrange, d'Euler, de Legendre, de Dirichlet et de Cauchy, il traversa seulement sans vouloir s'y fixer, on peut dire qu'entre tant d'illustres émules, aucun n'a conquis une parcelle plus importante et plus nettement définie.

Un problème très-élémentaire, très-simple en apparence, fit paraître, bientôt après, la flexibilité de son talent. Segner l'avait proposé, au siècle dernier, et deux formules très-différentes, dont la plus élégante était due à Euler, devaient nécessairement fournir des résultats identiques; mais cette identité n'était pas facile à établir. Un géomètre, dont l'admirable dévouement à propager la science et l'ardeur à provoquer les travaux d'autrui laissaient oublier quelquefois toute l'originalité, Olry Terquem, y était parvenu par une voie longue et détournée. Il proposa le problème à M. Liouville, qui le communiqua à divers géomètres; aucun d'eux ne put le résoudre. Lamé

fut plus heureux et il envoya la solution le lendemain du jour où il connut l'énoncé. Le premier rang dans cette petite lutte, à laquelle prit part très-brillamment aussi notre confrère Binet, ne lui était pas cependant réservé; la solution élégante de Lamé vint réveiller un esprit éminent, depuis longtemps oublieux de la science. Olinde Rodrigues, dans une note de quelques pages, sut rappeler à ses anciens condisciples, devenus de grands maîtres, qu'autrefois, au lycée, il marchait à leur tête et que, s'il le voulait, il redeviendrait leur égal.

La géométrie pure a toujours charmé et attiré Lamé; mais, comme au jour de son enfance, dans l'étude de Mᵉ Dupont, il croyait, en s'y livrant, interrompre et négliger sa tâche. Son génie était là cependant, il y sentait sa force, et, comme au premier jour, la séduction était irrésistible. S'il y cédait sans trop de résistance, s'il ne repoussait pas une distraction aimée, c'est que, bien loin de relâcher son esprit par un inutile divertissement, en perfectionnant l'instrument universel dont toutes les sciences exactes doivent dépendre un jour, il accroissait ses forces et les renouvelait, pour les tourner de nouveau à l'avantage de la physique.

Après en avoir revu et ordonné toutes les parties dans son cours de l'École polytechnique, il n'estimait pas qu'un livre net, concis, exact et profond, l'eût suffisamment acquitté envers elle. Il voulait, en toutes choses, remonter aux principes et tout déduire d'eux par le pur raisonnement : « Lorsqu'un principe général est découvert, disait-il, les applications de la science en sont les conséquences logiques et c'est le raisonnement qui doit conduire à de nouveaux progrès. Au lieu de suivre péniblement la route que la science a suivie, pour s'élever de découverte en découverte jusqu'au principe qui la résume, il faut s'élancer en sens contraire, descendre du principe aux faits partiels. Leur étude devient plus simple et plus complète; ce qui était

obscur, lors de la marche descendante, est alors éclairé d'une vive lumière et les doutes disparaissent par l'infaillibilité du raisonnement. »

Pour plus d'une science malheureusement, pour celle surtout que Lamé avait en vue en écrivant ces lignes, le drapeau arboré avec tant de confiance restera bien longtemps celui de l'avenir. Elles sont extraites, en effet, d'une brochure publiée en 1848 : *Esquisse d'un traité de la République.*

Nommé en 1850 professeur à la Faculté des sciences de Paris, il eut dès lors, dût-il y épuiser ses forces, à partager son zèle entre deux préoccupations : discuter, avec les ressources de la science la plus haute, les principes des théories physiques, et préparer un auditoire capable de les juger et digne de suivre ses traces.

Soumis à toutes les exigences de la règle, Lamé, pour obéir aux programmes réglementaires, dut enseigner d'abord la théorie des chances et le calcul des probabilités. Son esprit, généralisateur et subtil, était particulièrement propre à recueillir et à provoquer une riche moisson sur ce terrain si périlleux et si vaste. Une courte note, insérée dans le *Journal des mathémathiques* par un de ses auditeurs les plus zélés, reste la trace unique, mais durable, de ce trop rapide enseignement. La généralisation d'un théorème classique, obtenue par Lamé avec son élégance et son habileté analytique accoutumée, est réduite à l'évidence la plus intuitive par Émile Barbier, qui, enlevé trop tôt à la science et à ses amis, a su, par ce travail très-modeste et très-court, donner aux meilleurs juges les plus hautes espérances et accroître les vifs regrets de ses maîtres.

La chaire de Lamé, bientôt transformée et consacrée tout entière à la physique mathématique, fut l'occasion et l'épreuve de tous ses travaux ultérieurs. Il voulait, avant tout, rapprocher et unir les principes. Quand les théories

isolées et indépendantes demandent le progrès à des hypothèses diverses, les plus brillants succès ne sauraient éblouir jusqu'à justifier les contradictions.

« Vous n'ignorez pas, disait un examinateur interrogeant un candidat sur la théorie de la chaleur, qu'il existe un fluide nommé éther? — Certainement, répondit l'élève, mais c'est dans la théorie de la lumière. » Cette naïve réponse trahit aujourd'hui encore l'état de la science sur plus d'un point. Des indices, trop certains pour laisser place au doute, révèlent l'existence de l'air. On le voit agiter les feuilles d'un arbre; on l'entend siffler dans ses branches; on comprend qu'il résiste aux ailes d'un oiseau et, en affirmant que l'air existe, nul n'est tenté d'ajouter : *en physique seulement.* Aucune main n'a touché l'éther, aucun œil ne l'a vu, aucune balance ne l'a pesé. On le démontre, on ne le montre pas; il est pourtant aussi réel que l'air, son existence est aussi certaine : si j'osais dire qu'elle l'est davantage, on m'accuserait d'exagération. Lamé cependant m'y aurait encouragé. Quoi qu'il en soit, toutes les écoles sur ce point sont d'accord. Fresnel a poussé la démonstration jusqu'à la complète évidence; il a fait plus que convaincre ses adversaires, il les a réduits au silence.

L'univers est rempli par l'éther; il est plus étendu, plus universel et peut-être plus actif que la matière pondérable; il livre passage aux corps célestes, sans leur résister ni les troubler, et vibre librement dans la profondeur des corps diaphanes. Comment croire que ce fluide, dont l'intervention accorde et concilie jusqu'aux moindres détails les faits relatifs à la lumière, n'intervient pas dans les phénomènes calorifiques; que, mêlé aux molécules matérielles, il n'influe pas sur l'élasticité et que, présent aux actions électriques, il n'y joue cependant aucun rôle? Il est, disait Lamé, le véritable roi de la nature physique; mais, en faisant de son avénement la grande préoccupation de sa vie, Lamé reconnaissait qu'on le retarderait indéfiniment peut-être,

en voulant le couronner dès aujourd'hui. « Rivés que nous sommes, disait-il, à la matière pondérable, placés sur l'une des îles de l'élément éthéré, étudions d'abord les vallées, les baies, les ports, les marées du nouvel élément, les vents qui l'agitent, les vagues, les déjections de toute sorte, avant d'essayer d'y voguer à pleines voiles ; rectifions nos instruments, purifions notre équipage, n'entreprenons rien de douteux, rien d'indéterminé.

« Soyez bien convaincus, disait-il un autre jour à ses auditeurs, que vos travaux tendent infailliblement, comme ont fait les nôtres, vers la découverte du principe universel de la nature physique; mais, éclairée par cette conviction qui nous manquait, votre marche sera beaucoup plus rapide que la nôtre : vous éviterez facilement les retards, les longueurs, les généralisations incidentes. Et d'abord soyez toujours au courant des lois qu'il s'agit d'expliquer, établies par les physiciens, les chimistes, les cristallographes et les géologues; connaissez aussi les écarts et les anomalies de ces lois, érudition qui souvent nous a manqué. Ensuite, sachez manier tous les instruments des sciences exactes, sans exception et aussi sans exagération. Arrêtez-vous, pour chacun d'eux, un peu au delà du point marqué par la dernière application. Recueillez ainsi toutes les méthodes analytiques, géométriques, cinématiques, utilisées par vos prédécesseurs. C'est surtout lors de cet approvisionnement que les retards sont menaçants.

« Qu'une méthode préférée vous retienne, vous absorbe, vous l'étendez par des généralisations non encore réclamées et vous oubliez le reste. La variété des préférences peut aussi partager votre groupe en plusieurs camps différents, exclusifs, sinon hostiles, et les retards s'accumulent. Enfin qu'arrivera-t-il si chaque camp imagine de désigner les autres géomètres par quelque épithète dépréciante, par exemple, si le camp de l'analyse pure appelle *rayon de courbure* ceux qui étudient les surfaces ou les courbes: si le

camp de la géométrie pure croit amoindrir, annihiler ses adversaires en disant avec dédain : Ce ne sont que des analystes! Ce qui arrivera, nous allons vous le dire : quelque pionnier vagabond, convaincu que la découverte dont il s'agit, comme toutes les grandes applications connues, ne peut surgir que d'un mélange harmonique de l'analyse et de la géométrie, extraira de vos travaux isolés les choses convenables ; puis un beau jour, dans le fossé qui sépare les deux camps et à leur barbe, il dénouera le nœud gordien. Que cet adroit conquérant d'une seconde gloire newtonienne soit l'un des vôtres, resté prudemment en dehors des fortifications, ou l'un des élèves du nouvel enseignement, ou tout autre, qu'il soit Italien ou Français, Anglais ou Allemand, Polonais ou Russe, cela nous serait parfaitement égal, car la découverte serait faite. Alors la science humaine, possédant le principe de la nature physique, marcherait à grands pas vers celui de l'organisme et tous les savants seraient bien obligés de se ranger sous la nouvelle bannière. »

C'est dans ce style pénétrant et ému, et toujours avec la même force, que Lamé, chaque année, se livrait sans réserve à son auditoire, et, relevant, comme Pascal, le courage de ceux qui n'osent rien inventer en physique, il savait leur inspirer de hauts desseins et les exhorter à un grand effort. Par un privilége singulier et presque unique, Lamé savait joindre ensemble, dans un même enseignement, les promesses infinies mais vagues de l'avenir et la plus rigoureuse précision dans le présent. Dès la seconde leçon de son cours, en effet, il entrait dans le particulier des théories et des principes mathématiques. Une petite phalange, entraînée par son ardeur, soutenue par ses convictions, toujours dévouée, souvent enthousiaste, était initiée et pliée à la discipline sévère des mathématiques. La porte s'ouvrait à tous, mais nul n'osait entrer sans être géomètre, et, confiant ou non dans le parfait accomplissement

de ses chères espérances, on savait que, pour les théories physico-mathématiques, il n'était pas d'école plus profitable, de critique plus savante et plus fine, de maître plus patient et plus docte.

Quatre ouvrages excellents et profonds, classiques aujourd'hui sans distinction d'écoles, restent le fruit précieux de cet enseignement. Lamé ne s'y montre pas inférieur à son sujet. Ils n'étaient cependant pour lui qu'un commencement et comme une reconnaissance incomplète de la terre promise. De tels livres ne s'analysent pas. Comment cependant ne pas rappeler, en empruntant les expressions mêmes de notre regretté confrère M. Combes, « la magnifique solution du problème de la déformation d'une sphère élastique, pleine ou creuse, sollicitée par des forces distribuées d'une manière quelconque à la surface! »

Par une contrariété parfaitement sincère chez ce grand et noble esprit, Lamé restait modeste jusqu'à l'humilité, en prisant très-haut ses ouvrages. Comme il excellait à pressentir tous les mérites, pour les caractériser à l'avance avec une précision hardie, il se jugeait comme il jugeait les autres. Il ne s'efforçait pas, à la façon de Descartes, qui n'y réussissait guère, de pencher du côté de la défiance; il y inclinait naturellement, s'attachant volontiers à comparer, chez lui-même, ce qu'il appelait sa faiblesse à l'immensité de l'œuvre entreprise.

Enthousiaste de l'avenir et ne donnant pas de bornes à ses espérances, son but était trop haut pour que les efforts réunis de plusieurs générations puissent réussir entièrement à l'atteindre. Toute supériorité était accueillie par lui comme un secours et saluée comme une espérance; tout progrès, petit ou grand, apporté à la science pure, considéré comme un pas assuré vers le point culminant, où les voies les plus diverses dans le domaine mieux connu du vrai devront forcément aboutir.

Le souvenir de Lamé reste, pour ses disciples, entouré

de reconnaissance, d'admiration et d'ineffaçables regrets. Parmi les investigateurs des ressorts secrets de la nature, aucun n'a regardé plus haut et visé plus loin; aucun n'a mis, avec plus de persévérance, au service d'une imagination plus brillante et plus nette, des études plus profondes et plus larges; aucun n'a su manier avec une dextérité plus ingénieuse le plus subtil, sans contredit, et le plus puissant, à ses yeux, des instruments de succès, je veux dire l'analyse mathématique. Mais, semblable à un capitaine qui lancerait ses troupes à l'assaut avant que la brèche soit ouverte, Lamé a seulement préparé la victoire. Le jour où elle viendra, quel que soit le triomphateur, réalisera ses espérances et son vœu le plus cher. Il est mort littéralement à la peine, plein de foi dans la vérité entrevue, en conjurant ses disciples de hâter, en y pensant sans cesse, le jour, certain pour lui, où, en venant renouveler et simplifier les lois physiques, la géométrie fera sortir d'une même source toutes les vérités, en apparence seulement si diverses, que le temps a révélées d'âge en âge.

DISCOURS

PRONONCÉS AUX FUNÉRAILLES

DE M. BARRÉ,

INGÉNIEUR DES MINES,

Le 4 février 1878 (*).

DISCOURS DE M. BRACONNIER,

Ingénieur des mines.

Messieurs, aussitôt que le coup si funeste et si inattendu qui vient de plonger dans la désolation deux familles justement aimées à Nancy a été connu, les ingénieurs du corps des mines et les anciens élèves de l'École des mines ont voulu être représentés aux obsèques d'un de leurs plus chers camarades et lui dire un éternel adieu.

Après de brillantes études au lycée de Nancy, M. Adolphe Barré entra le premier à l'École polytechnique et choisit à la sortie la carrière des mines, vers laquelle l'attirait son goût pour les sciences et leurs applications industrielles. A l'École des mines, il se distingua par des mémoires qui obtinrent les honneurs de l'insertion aux *Annales des mines*. Nommé ingénieur à Metz, il débuta dans la carrière au moment où les industries métallurgiques et minières prenaient un grand développement dans ce beau département de la Moselle si malheureusement ravi à la France.

L'industrie se rappellera avec quelle conscience et quelle ardeur M. Barré étudiait les questions qui lui étaient soumises, ne négligeant rien pour mettre en pleine lumière

(*) M. Barré est mort à Vienne (Autriche) le 23 janvier 1878; ses funérailles ont eu lieu à Nancy, le 4 février.

l'importance des richesses minérales renfermées dans le sol. Collaborateur de M. l'inspecteur général Jacquot, chargé de la description géologique et minéralogique de la Moselle, M. Barré déploya un zèle infatigable à l'étude de la composition et de la structure du sol. L'Académie de Metz, dont il faisait partie, lui confia la direction d'un laboratoire destiné à venir en aide à l'agriculture et à l'industrie. C'est dans ces travaux divers que M. Barré passa cinq années, jusqu'au jour où plusieurs de ses illustres devanciers le chargèrent de soutenir les intérêts français à Vienne comme directeur des domaines et des usines de la compagnie des chemins de fer autrichiens, tâche honorable et pénible à laquelle il a si malheureusement succombé.

Nous, ses anciens collègues et camarades, aimons à nous rappeler la bonté de son caractère, son extrême obligeance et les services qu'il nous a rendus.

Adieu, cher camarade, nous garderons votre souvenir avec fierté, reconnaissance et respect.

DISCOURS DE M. RONNA,

Secrétaire du comité de la Société autrichienne des chemins de fer de l'État.

Avant de nous séparer de ce cercueil, laissez-moi adresser au nom de la Société autrichienne des chemins de fer de l'État, que je représente, un suprême adieu à celui qui l'a servie avec tant d'activité, d'intelligence et de dévouement! Permettez que, sur cette terre de France, tant aimée par notre cher Barré et dont il vécut tant d'années éloigné, je répète l'écho lointain des plaintes attendrissantes de toute une population d'ouvriers, de contre-maîtres, d'ingénieurs et d'employés qui vénéraient leur chef; que je témoigne du deuil profond de ses collègues d'Autriche, des admi-

nistrateurs de la Compagnie qui l'appréciaient à sa haute et véritable valeur, de la colonie française de Vienne dont il était l'un des plus honorés représentants.

Après les brillantes études qui le classaient au premier rang de nos Écoles polytechnique et des mines, Adolphe Barré était en service ordinaire à Metz, lorsque des ingénieurs éminents et regrettés, Maniel, inspecteur général des ponts et chaussées, et Le Chatelier, ingénieur en chef des mines, le désignaient d'un commun accord au choix du directeur général de la Société autrichienne, M. Bresson, pour administrer une des branches les plus importantes du service de cette société, celui des mines, usines, et domaines que l'État autrichien lui avait concédés en 1855.

Agé à peine de trente ans, alors que tant d'autres commencent seulement à recueillir le fruit de leurs hautes études, Barré s'initiait aux détails les plus complexes de cette vaste administration dans laquelle l'avaient précédé des camarades plus anciens que lui, M. Dubocq et M. Castel.

Grâce à ses aptitudes spéciales, à ses connaissances solides et étendues, à son amour infatigable pour le travail, Barré aplanissait comme par enchantement les difficultés qu'offre le maniement d'une aussi lourde entreprise. Hauts-fourneaux, laminoirs, aciéries, houillères et mines métalliques, produits hydrauliques et chimiques, carrières, forêts et terres domaniales, chemins de fer, matériel de l'industrie, de l'art militaire, de l'agriculture, etc., autant de sujets qui eussent chacun exigé un ingénieur ou un spécialiste d'une expérience consommée, et que Barré embrassait, dans leur ensemble comme dans les détails, avec une sûreté de jugement et une portée pratique peu communes.

Sous la direction de Barré, les mines, usines et domaines de la Société autrichienne ont atteint un degré de prospérité croissant, tant que les circonstances économiques générales n'ont pas influé sur les résultats.

Par des voyages fréquents en Allemagne, en Angleterre, en Belgique, en France, il se tenait à jour des perfectionnements incessants et des moindres améliorations qu'entraînent des industries aussi variées que multiples. C'est dans une excursion au milieu des montagnes de la Styrie, pour étudier des faits spéciaux de la fabrication de l'acier, qu'il contracta, il y a peu de jours, le germe de la terrible maladie qui l'a impitoyablement fauché dans la force de l'âge, de la maturité et de la production intellectuelles, lorsque l'avenir le plus brillant lui était assuré dans la Compagnie à laquelle il avait voué les dix plus belles années de sa vie !

La Société autrichienne fait en Barré une perte irréparable qui motive ses plus légitimes préoccupations !

J'ai pleuré l'ingénieur, le collaborateur, le fonctionnaire de la Société autrichienne; maintenant, encore un dernier mot d'adieu à l'ami dévoué et affectueux, à l'homme de bien, à cette nature d'élite, au cœur d'or, ravi si cruellement et pour toujours à ceux qui l'aimaient pour l'avoir seulement approché.

Puissent le souvenir de tant de qualités et de vertus si aimablement réunies et le spectacle de cette explosion de regrets unanimes, au Banat, en Bohême, à Vienne, à Paris et ici même, autour de cette tombe, demeurer longtemps la consolation de cette digne famille, de ce père, de ce frère, de cette jeune veuve éplorés et consternés !

Puisse enfin l'image de leur père laborieux, droit, modeste et sûr, guider dans la vie ses jeunes enfants, dont l'amour occupait une si large place dans sa noble âme !

Adieu, mon cher et bon Barré, adieu !

BULLETIN

DES ACCIDENTS ARRIVÉS DANS L'EMPLOI DES APPAREILS A VAPEUR

PENDANT L'ANNÉE 1874.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
15 janvier.	Fabrique de lampes, à Etampes (Seine-et-Oise).	Chaudière tubulaire à foyer intérieur (système Chevalier), dont les tubes et le foyer formaient un tout amovible par le déboulonnement de la plaque antérieure. Le foyer mis en place, deux boulons reliaient les parois parallèles du foyer et de la boîte à feu. Ces boulons étaient à tête carrée et aboutissaient dans le cendrier où ils étaient maintenus, par leur écrou, un peu au-dessous de la grille. La chaudière, timbrée à 5 atmosph., fonctionnait à Etampes depuis 1862.	Un des boulons reliant le foyer à la boîte à feu s'est rompu au ras de la tête; les deux tronçons ont été chassés par l'eau qui s'est répandue en abondance dans le local de la machine.	Chauffeur grièvement brûlé par l'eau bouillante.	Insuffisance des armatures et service prolongé de la chaudière sans vérification ni épreuve.
27 janvier.	Bateau dragueur, à Aigues-Mortes (Gard).	Chaudière cylindrique, horizontale, à foyer et à retours de flamme intérieurs, mettant en mouvement un appareil dragueur. Le foyer était elliptique : les conduits de retour, au nombre de deux, avaient leur sec- [illegible]	La virole d'avant d'un des conduits de retour de flamme s'est écrasée de dehors en dedans, sous la pression de la vapeur et a eu la partie inférieure refoulée vers la partie supérieure; au point culminant du relèvement était [illegible]	Mécanicien mort à la suite de brûlures.	Etat de grande usure de la chaudière qui avait ses tôles notablement amincies. Celles du corps principal, de 10 millim. à l'origine, n'étaient plus que de 6 millim.; les retours de flamme, primitivement de 8 millim., n'en avaient plus que 4, et en certains [illegible]

		[illegible] qu'en 1870. Depuis sa remise en service, elle avait fonctionné 87 jours seulement, dont 12 pendant la campagne 1873-1874.	[illegible] de la hauteur du tube, il en est résulté une large ouverture par laquelle la vapeur a fait irruption en ouvrant violemment la porte du foyer.		
5 mars.	Papeterie de Papault, commune d'Ileuil (Vienne).	Chaudière de forme circulaire, ouverte à la partie supérieure, chauffée par un double fond où circulait la vapeur provenant d'un générateur, et destinée à la dissolution de la résine employée dans la fabrication. La sortie de la vapeur était commandée par un robinet.	Le robinet d'évacuation de la vapeur ayant été maintenu fermé trop longtemps, le double fond s'est rompu.	Un ouvrier légèrement brûlé par la vapeur. Projection de la chaudière à travers la toiture du bâtiment.	Fermeture intempestive du robinet d'évacuation de la vapeur.
7 mars.	Mine de houille. Fosse Sainte-Pauline de la compagnie de Liévin (Pas-de-Calais).	Chaudière horizontale composée d'un corps cylindrique et d'un bouilleur, faisant partie d'une batterie de six chaudières destinées à la mise en mouvement de la machine de fonçage de la fosse en construction. Le foyer était directement sous le corps principal et les flammes, après l'avoir enveloppé, descendaient autour du bouilleur. Longueur du corps cylindrique : $13^m,25$. Diamètre : $0^m,90$. Timbre : 5 kilog.	Rupture de la tôle du coup de feu du corps cylindrique, le long de la génératrice inférieure ; la déchirure s'est continuée transversalement en avant et en arrière, suivant les clouures circulaires qui raccordaient cette tôle avec le reste de la chaudière et avec la calotte antérieure.	Chef sondeur tué. Un aide chauffeur et un machiniste légèrement brûlés. Projection de la virole rompue, avec la calotte antérieure, contre la plaque de devanture du fourneau. Dégâts matériels peu considérables.	Alimentation sur des parties portées à une haute température par suite d'une interruption prolongée de l'alimentation.
23 avril.	Raffinerie de sucre, à Paris (La Villette).	Chaudière composée d'un corps cylindrique tubulaire, de deux bouilleurs et d'un réservoir de vapeur distinct. Mise en service : 1872. Une avarie étant survenue à la tôle	Déchirure, sous la pression normale de marche, de la pièce de cuivre appliquée au bouilleur. Échappement de l'eau et de la vapeur contenues dans la chaudière.	2 chauffeurs morts des suites de leurs brûlures.	Formation, sur une partie de chaudière exposée à une chaleur intense, d'un dépôt isolant provenant de la réaction provoquée par le mélange, à haute température et à haute

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		du coup de feu d'un des bouilleurs, on y avait appliqué une pièce en cuivre embouti de 6 millim. d'épaisseur, embrassant cette tôle et le fond bombé.			pression, d'eaux de condensation grasses et d'eaux naturelles contenant des principes calcaires.
		(Voir une note sur cet accident dans le 2e volume de 1876, page 201.)			
24 avril.	Forges de Blanc-Misseron (Nord).	Chaudière cylindrique à deux bouilleurs, chauffée par les flammes perdues de deux fours à puddler, situés au-dessous d'elle. Longueur du corps cylindrique : 11 mèt. Diamètre : 1m,45. Longueur des bouilleurs : 12m,35. Timbre : 5 atmosph.	**Déchirure du bouilleur de gauche, suivant une ligne longitudinale à droite, un peu au-dessous de sa partie médiane, dans la région d'arrivée des flammes perdues.**	**Cinq ouvriers, qui travaillaient, soit aux fours, soit dans le voisinage, ont été blessés par la vapeur ou par les débris lancés par l'explosion. Projection des bouilleurs et déplacement du corps cylindrique. Dégâts matériels peu importants.**	**Mauvaise qualité du métal jointe à une action spéciale pouvant provenir, soit de la conduite de la chaudière, soit de la disposition relative des carneaux et du faisceau d'arrivée des flammes, soit de toute autre cause, cette action n'a pu être déterminée, l'enquête ayant été faite alors que l'état des lieux avait été complètement changé et les fragments de la chaudière dénaturés.**
1er mai.	Trancherie de bois, à Paris.	Chaudière composée d'un corps cylindrique et de deux réchauffeurs latéraux superposés, fonctionnant depuis 5 ans. Timbre : 7 kilogr. La communication alimentaire entre le réchauffeur supérieur et le corps principal avait lieu par l'intermédiaire d'un si-	**Déchirure, sous la pression de 4 kilog., du réchauffeur le plus élevé, à sa partie supérieure d'arrière. Formation d'une ouverture de 1 mètre environ de longueur sur 50 centim. de largeur, par où s'est échappé un mélange d'eau et de vapeur.**	**Léger déplacement du réchauffeur supérieur. Dégâts matériels peu importants.**	**Ensemble de circonstances dépendant et de la disposition et de la conduite de l'appareil, notamment de la faible longueur du** corps principal et des proportions relatives qui ont été données aux surfaces de chauffe et aux capacités dudit corps principal et du réchauffeur supérieur, circon-

						[illegible] température élevée, et que l'usure des tôles a été très-rapide. Les tôles du réchauffeur supérieur s'étaient considérablement amincies, au point que l'épaisseur, qui était primitivement de 9 à 10 millim., se trouvait réduite à 2 et même à 1 millim. en certains points.
	10 mai.	Filature de coton, à Monville (Seine-Inférieure).	Chaudière cylindrique à deux bouilleurs, construite en 1856 et timbrée, à cette époque, à 5 atmosph. Rééprouvée et timbrée à 5k,5 en 1868.	Déchirure du corps principal à sa partie inférieure d'arrière, dans le voisinage d'une clouure. Echappement de l'eau et de la vapeur par l'ouverture qui en est résultée et dont les dimensions étaient : 0m,18 de longueur et 0m,10 de largeur. (Au point où elle a cédé, la tôle avait été réduite de 11mm,5, son épaisseur primitive, à moins de 1 millimètre).	Chauffeur mort à la suite de brûlures. Une ouvrière, qui venait d'entrer dans le local de la chaudière pour déposer son repas sur le fourneau, a été tuée et ensevelie sous les décombres. Dégâts matériels peu considérables.	Etat d'extrême usure du métal au point qui a cédé, usure due à l'action des fuites provenant d'une clouure voisine et provoquée notamment par une trop grande fatigue des tôles, à la suite de la surélévation de la pression normale de marche de la chaudière.
	11 mai.	Fonderie d'Auberive (Ardennes).	Chaudière tubulaire, horizontale, à foyer cylindrique intérieur, avec tubes calorifères directs en fer, et retours de flamme extérieurs, destinée à la mise en mouvement d'une machine actionnant des tours et machines-outils. Construite et éprouvée en 1870, elle portait un timbre de 6 kilog. Le foyer, d'un diamètre de 0m,90, se composait de deux viroles de 11 millim. seulement d'épaisseur, dont la	Déchirure et affaissement partiel du ciel du foyer, au moment où le chauffeur se préparait à ouvrir la valve d'admission de la machine pour sa mise en marche. Abondant dégagement de vapeur et d'eau bouillante par la porte du foyer qui a cédé à cette irruption.	Quatre ouvriers, parmi lesquels le chauffeur, ont été atteints par la vapeur et les débris projetés par l'explosion; ils sont morts sur le coup, ou quelques heures après. Dégâts matériels peu considérables.	Manque de solidité du foyer, en raison du défaut d'épaisseur, du manque d'armatures et de la qualité du métal, et imprudence du chauffeur qui avait laissé la chaudière manquer d'eau.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		jonction se projetait au milieu même de la grille et correspondait par suite à la partie centrale du brasier formé par la combustion.			
20 mai.	Teinturerie, à Amiens (Somme).	Récipient en cuivre servant à dissoudre le bois de campêche, ayant la forme d'une sphère de 1 mèt. de diamètre, avec ouverture circulaire fermée par un couvercle non autoclave, à encoches, maintenu par cinq boulons. Il était mobile autour d'un diamètre horizontal; l'eau et la vapeur étaient introduites par les tourillons. Pendant l'opération, l'appareil était en communication avec une chaudière dont la pression pouvait s'élever à 4 atmosph. Il fonctionnait depuis 1871.	Rupture des boulons maintenant le couvercle et déplacement horizontal de ce dernier qui a fait échapper les bords des encoches à la pression des écrous restés en place.	Un ouvrier mort à la suite de brûlures. Projection du couvercle dans l'usine et de l'appareil tout entier à travers une cloison au delà de laquelle il a roulé au loin dans la cour. Dégâts matériels importants.	Cas fortuit. Il n'a pas été possible, en effet, de déterminer si le boulon s'était rompu de lui-même ou par l'effet d'un serrage trop énergique qu'on lui aurait fait subir dans le but d'arrêter une fuite dans le joint du couvercle.
22 mai.	Fabrique de colle forte, à Saint-Fons (Rhône).	Récipient autoclave, vertical, cylindrique, en fer, terminé à sa partie inférieure par un fond plat relié au corps cylindrique par l'intermédiaire d'une cornière et renforcée extérieurement par deux [illegible]	Déchirure et détachement du fond, suivant toute la ligne de rivure, laissant intacts la cornière et les rivets dont aucun n'a été décapité. (Ce fond avait une épaisseur de 8 à 9 millim., qui a été recon- [illegible]	Trois ouvriers, parmi lesquels les deux chauffeurs de l'établissement, ont été atteints mortellement, soit par la vapeur et l'eau chaude échappées de l'autoclave, soit [illegible]	Vice de construction résultant, non-seulement du défaut de liaison de la plaque du fond avec le corps cylindrique, mais encore de l'insuffisance des armatures au point de vue de la solidité même de la plaque. L'accident a été facilité par [illegible]

		[illegible] portait deux soupapes chargées pour une pression effective de 4k,5. Il était chauffé par la vapeur fournie par un générateur voisin. Diamètre : 1m,425. Mise en service : 1872.	[illegible] (tôle et la maçonnerie.)	[illegible] née voisine, haute de 40 mètres, qui a été renversée et, en tombant, a effondré la toiture de l'usine. Dégâts matériels importants.	
1er juin.	Blanchisserie, à Reims (Marne).	Chaudière cylindrique avec deux bouilleurs et un réservoir de vapeur, fonctionnant depuis 1864. Timbre : 5k,5. La soupape d'avant, de 92 millim. de diamètre, était pressée par un levier qui, malgré l'insertion d'une cale dans l'étrier, pouvait s'élever en ce point de 33 millim., tandis que les ailettes de la soupape n'avaient que 24 millim. de hauteur.	Projection de la soupape d'avant hors de son siége en passant sous le levier. Echappement de la vapeur qui remplit bientôt le local de la chaudière.	Un chauffeur mort à la suite de brûlures.	Mauvaise construction de la soupape de sûreté qui aurait dû être guidée au moins sur tout le trajet que le jeu du levier lui permettait de parcourir.
1er juin.	Fonderie de cuivre, à Torcy, commune de Sedan (Ardennes).	Chaudière horizontale, composée d'un corps cylindrique et de deux bouilleurs, en contre-bas, alimentant une machine de 4 chevaux. Date de construction inconnue. En 1869, épreuve à 5k,5.	Déchirure d'un des bouilleurs, à l'arrière et dans sa partie inférieure, sur une longueur de 56 centim. d'un côté et de 28 centim. de l'autre. Echappement de l'eau et de la vapeur par l'ouverture qui en est résultée.	Soulèvement de l'appareil qui a fait une révolution de 180° environ autour des têtes des bouilleurs, de telle sorte que le corps cylindrique a été trouvé reposant, sens dessus dessous, sous les débris du foyer. Effondrement de la toiture et du couronnement de la cheminée de l'atelier.	Etat d'extrême usure du bouilleur dont la tôle, de 6 millim. 1/2 d'épaisseur à l'origine, était réduite à moins d'un millimètre.
4 juillet.	Minoterie, à Mirebeau, commune de Nanteau-sur-Essonne (Seine-et-Marne).	Chaudière tubulaire, cylindrique, horizontale avec foyer intérieur amovible. Diamètre du corps exté-	Rupture du corps extérieur en nombreux éclats projetés au loin.	Chauffeur tué. Dégâts matériels.	Imprudence 1° du chauffeur qui, ayant calé les soupapes de la chaudière, a provoqué une élévation

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		rieur : 1m,10. Longueur : 3m,50. Epaisseur de la tôle : 14 millim. Timbre : 6k,5. Mise en service : 1869.			excessive de la pression pendant un arrêt de la machine ; 2° du propriétaire de l'établissement qui n'a pas suffisamment surveillé la conduite de son chauffeur.
23 juillet.	Exploitation agricole, à Beauregard, commune de Bressolles (Allier).	Chaudière locomobile tubulaire, à foyer intérieur, actionnant une batteuse. Timbre : 6 kilog. En service depuis 8 ou 9 ans.	Rupture de quatre entretoises reliant les parois droites du foyer et de la boîte à feu ; les têtes rivées se sont détachées, trois à l'extérieur, une à l'intérieur, livrant ainsi quatre orifices à l'eau et à la vapeur.	Incendie de la machine à battre et d'un certain nombre de gerbes de blé par les charbons incandescents lancés hors du foyer par le jet de vapeur.	Insuffisance des entretoises du foyer. Négligence du mécanicien qui n'a pas visité attentivement la chaudière, malgré des fuites rendant évidente l'altération des têtes des entretoises.
29 juillet.	Huilerie, à Bordeaux (Gironde).	Chaudière composée de deux corps cylindriques horizontaux réunis par une tubulure horizontale à leur partie postérieure, avec un bouilleur et deux foyers indépendants, servant à la mise en mouvement de presses à huile. Timbre : 5k,5.	Déchirure du corps cylindrique de gauche à la virole du coup de feu, s'étendant longitudinalement, d'une rivure à l'autre suivant une génératrice inférieure et, transversalement, sur une certaine longueur près de ces rivures. Ce corps cylindrique s'est divisé en deux tronçons, puis la virole postérieure du corps cylindrique de droite, à laquelle était rivée la communication avec le bouilleur, s'est déchirée longitudinalement. Dégagement abondant de vapeur et d'eau bouillante.	Deux ouvriers tués et trois blessés, soit par les débris projetés, soit par la vapeur et l'eau bouillante. Projection de diverses parties de la chaudière. Dégâts matériels considérables.	Détérioration du métal due à l'action des flammes du foyer sur une tôle de coup de feu mal nettoyée à l'intérieur.

		au chauffage de l'eau pour 44 bassines. Longueur : 4m,53. Diamètres des deux cylindres : 1m,28 et 0m,72. Éprouvée pour la pression de 2 atm. 1/2, elle fonctionnait à la pression effective de 1 kil. Autorisée en 1854.	partie inférieure, entre les deux rivures transversales, sur une longueur de 60 centim. ; la déchirure a continué le long de chacune de ces deux rivures, sur une longueur de 1 m., ouvrant un large passage à l'eau bouillante. (Au point où elle a cédé, la tôle avait été réduite à 1/2 millim. et présentait, à l'intérieur, une incrustation de 10 millim. d'épaisseur.)	Soulèvement de la chaudière par une de ses extrémités. Dégâts matériels peu importants.	l'effet de boues provenant du tuyau d'alimentation.
18 août.	Minoterie, à la Résille, commune d'Epinac (Saône-et-Loire).	Chaudière cylindrique à foyer intérieur, destinée à la mise en mouvement des meules d'un moulin ordinaire. Timbre : 5 at. Cette chaudière était munie d'un tampon de nettoyage extérieur dont la plaque était traversée par un boulon en forme de T terminé, d'un côté, par deux branches recourbées qui s'appliquaient contre les parois internes du corps cylindrique et, de l'autre, par un filet qui recevait l'écrou au moyen duquel s'exerçait le serrage.	Rupture d'une des branches du boulon du tampon de nettoyage et projection de celui-ci à distance. Echappement de l'eau par l'orifice ainsi mis à découvert et dont les dimensions étaient de 8 centim. sur 4. (La rupture ne s'est pas opérée d'un seul coup, mais en plusieurs fois ; elle était déjà amorcée au moment où le fer a cédé complétement, et il n'y avait plus que le 1/6e de la section totale qui adhérait encore. La seconde branche présentait un commencement de rupture à la ligne de soudure.)	Cinq personnes brûlées, dont une mortellement.	Mauvaise qualité du métal du boulon altéré dans une réparation qu'il avait subie quelques mois auparavant ; serrage relativement trop énergique, eu égard aux conditions de résistance de cette pièce ; inexpérience du meunier en ce qui concernait la conduite de l'appareil à vapeur ; enfin disposition du tampon à l'extérieur de la chaudière.
18 août.	Moulin à tan, de Reblay, commune de Sainte-Lizaigne (Indre).	Chaudière cylindrique verticale à foyer intérieur, destinée à la mise en mouvement des meules du moulin. Diamètre extérieur : 1m,15. Hauteur : 2m,25. Timbre : 6 kilog. Achetée d'occasion chez un revendeur, elle fonctionnait depuis un mois et demi à peine.	Arrachement de la calotte plane surmontant la partie supérieure de la chaudière, un peu au-dessus de la ligne des rivets qui la fixaient au corps cylindrique.	Echappement de la vapeur. Chauffeur légèrement brûlé et contusionné. Projection de la calotte plane, à une distance de 104 mètres environ. Refoulement, en sens inverse, du ciel du foyer qui a été dé-	Défaut de solidité de la calotte supérieure de la chaudière, calotte qui était insuffisamment armée et de plus était détériorée avant l'accident.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
				formé. Dégâts matériels peu importants.	
26 août.	Exploitation agricole, au Petit-Breuil, commune du Tendu (Indre).	Chaudière locomobile, tubulaire, à foyer intérieur, actionnant une batteuse, et datant de 1869. Longueur : 2m,10. Diamètre : 0m,60. Epaisseur des tôles : 7,5 à 8 millim. Timbre : 6k,5. Le corps principal et la boîte à feu extérieure étaient cylindriques ; le foyer intérieur figurait les trois quarts d'un cylindre droit appuyé sur la plaque tubulaire qui était plane. Le ciel du foyer et le dôme de prise de vapeur étaient également à peu près plans.	Rupture de l'enveloppe extérieure en un très-grand nombre de fragments provenant de déchirures qui s'étaient produites en tous sens, aussi bien suivant les rivures qu'en pleine tôle. L'explosion a eu lieu au moment de la remise en train, après un arrêt pour le repos des ouvriers.	Chaffeur et deux ouvriers tués ; trois autres ouvriers légèrement blessés. Projection des fragments de la chaudière à des distances qui se sont étendues jusqu'à 125 mètres. Arrachement des tubes qui ont été lancés plus ou moins loin. Dégâts matériels à peu près nuls.	Défaut d'alimentation. La chaudière laissait d'ailleurs beaucoup à désirer au point de vue de sa solidite et des conditions de son emploi, à raison notamment de l'absence des armatures les plus indispensables et du faible intervalle qui avait été laissé entre le ciel du foyer et l'arête supérieure du corps cylindrique principal.
8 septemb.	Hauts-fourneaux et forges de Commentry (Allier).	Chaudière cylindrique, verticale, chauffée extérieurement par les flammes perdues d'un four à réchauffer. Hauteur : 15 m. Diamètre : 1m,20. Capacité : 16mc,650. Timbre : 6 atmosph. Installée en 1866, avec chaudière semblable dans le même fourneau, elle faisait partie d'un groupe de 9 chaudières (dont 7 horizontales) alimentées à tour de [illegible]	Rupture de la chaudière en trois fragments dont le principal, d'une longueur de 12 mètres, s'est séparé de la partie inférieure suivant une ligne de rivure ; le reste de l'appareil, composé des deux viroles inférieures, est resté en place, se divisant presque entièrement en deux parties, suivant une ligne de déchirure prenant, tantôt sur l'une des viroles, tantôt [illegible]	22 ouvriers tués sur le coup ou morts des suites de leurs blessures ; 35 ouvriers blessés plus ou moins grièvement. Projection d'une portion de la virole du coup de feu dans une direction horizontale et de la partie supérieure de la chaudière dans une direction verticale. [illegible]	Cause douteuse. L'accident a été, sinon causé, du moins facilité et aggravé par le concours des circonstances suivantes : 1° amincissement de la tôle du coup de feu, dont l'épaisseur était descendue de 12 à 6 millim. sur quelques points ; 2° emploi partiel de tôles cintrées perpendiculairement au laminage, emploi de rivures longitudinales à une seule rangée [illegible]

		[illegible] avait été [illegible] avec succès.	[illegible] bouillante et de vapeur, celle-ci fournie non-seulement par la chaudière éclatée, mais encore par toutes les autres chaudières de la forge, la conduite générale de vapeur ayant été brisée dans l'accident.	[illegible] de l'usine. Commencement d'incendie. Dégâts matériels très-considérables.	[illegible] peu près au niveau du coup de feu par une très-grande masse d'eau relativement froide.
12 septemb.	Filature, à Roubaix (Nord).	Tuyau de conduite de vapeur, horizontale, en cuivre rouge soudé, de 0m,14 de diamètre et de 2mm 3/4 d'épaisseur, passant en siphon sous le pavage d'un atelier et communiquant, d'un côté, avec un générateur qui fonctionnait à une pression de 5 atmosph., de l'autre avec un collecteur de vapeur. Il était en service depuis 15 ans, mais ne présentait pas de traces de fuites ou d'usure.	Rupture du tuyau suivant une génératrice, près de la soudure, sur une longueur de 25 centim. et une largeur de 2 à 3 centim., dans la partie passant sous le pavage de l'atelier. Dégagement violent de l'eau et de la vapeur par l'ouverture qui en est résultée.	Un ouvrier grièvement brûlé. Projection des matériaux qui recouvraient le tuyau sur une épaisseur de 0m,20.	Coup d'eau imputable à la négligence du mécanicien; il aurait omis de purger le tuyau, lequel était muni de robinets purgeurs.
23 septemb.	Tissage, à La Bresse (Vosges).	Tambour d'encolleuse, cylindrique, en cuivre.	Rupture du tambour. Échappement de la vapeur par l'ouverture qui en est résultée.	Dégâts matériels.	Faiblesse de la tôle relativement à la pression supportée.
26 septemb.	Peignage de laine, à Roubaix (Nord).	Robinet en bronze, de 0m,25 d'ouverture, placé sur une conduite de retour d'eau débouchant dans l'un des bouilleurs d'un générateur ordinaire.	Rupture du raccord du robinet au collet de filetage. Irruption de la vapeur et d'une partie de l'eau bouillante du générateur dans la cave des chauffeurs, qui, longue et étroite, ne présentait qu'une issue à l'une de ses extrémités. Une petite fuite s'était, sept heures avant l'accident, manifestée au point de rupture; elle n'avait pas	Un ouvrier, qui se trouvait dans la cave du générateur, entre l'extrémité sans issue et le robinet rompu, s'est heurté violemment contre le mur de cette cave, en se précipitant pour échapper au danger; il est mort quelques heu-	La cause de la rupture du robinet n'a pu être déterminée.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
			été trouvée assez importante pour faire arrêter immédiatement la chaudière.	res après, des désordres cérébraux produits par ce choc.	
9 octobre.	Fonderie de cuivre, à Paris.	Chaudière cylindrique, verticale, à foyer intérieur, avec 14 tubes bouilleurs verticaux, en fer. Timbre : 6 atmosph.	Rupture d'un des tubes bouilleurs. Echappement de l'eau et de la vapeur par l'ouverture qui en est résultée. Le tube qui s'est déchiré avait un diamètre de 75 millim. A son intérieur, il s'était formé comme un tube concentrique en tartre, fortement adhérent, d'une épaisseur de 1 centim. Le métal était donc isolé de l'eau et il s'était peu à peu brûlé et aminci ; son épaisseur, à l'origine, était de $2^{mm},5$; elle avait diminué sur le parcours des flammes, de manière à n'être plus que de 1 millim. au point qui a cédé.	Chauffeur mort à la suite de brûlures.	Défaut d'entretien de la chaudière.
15 octobre.	Bateau « Porteur n° 5 » sur la Seine, près de Mantes (Seine-et-Oise).	Chaudière à basse pression ($^1/_2$ atmosph.), formée d'un fond plat, de quatre faces planes verticales et d'une partie supérieure cintrée, et contenant deux foyers intérieurs. Le fond plat était armé par quatre entretoises ; trois de ces dernières, boulonnées au [illegible]	Rupture de la cornière reliant au fond plat l'extrémité de la face verticale gauche, laquelle avait été fatiguée par les mouvements subis par ce dernier sous la pression de la vapeur et par suite de la faiblesse des étriers.	Le mécanicien et son aide morts à la suite de brûlures.	Vices de construction de la chaudière qui n'était pas suffisamment armée, vices devant amener tôt ou tard une rupture, même sans le calage des soupapes qu'on a supposé avoir été effectué avant l'accident.

25 octobre.	Bateau-remorqueur « la Seudre » au passage de Martrou (Charente-Inférieure).	Chaudière horizontale cylindrique, tubulaire, à foyer intérieur avec retour de flammes. Timbre : 6 atmosph. Utilisée seulement pendant le chômage des autres remorqueurs du passage, elle ne comptait, au moment de l'accident, que 55 jours de service effectif.	Rupture de la chaudière en fragments qui ont été projetés de tous côtés jusqu'à des distances de 250 mèt. L'explosion s'est produite une heure après l'ouverture du service et deux heures $1/_2$ environ après l'allumage. La chaudière avait été laissée pleine d'eau la veille au soir. Au commencement du service, le manomètre marquait entre 3 et 4 atmosph. Enfin, quelques secondes à peine avant l'accident, on avait entendu un bruit analogue à celui que produit la vapeur en s'échappant par les soupapes.	Les trois hommes qui montaient le bateau (le patron, le chauffeur et un matelot) ont été tués sur le coup. Le remorqueur, coupé en deux par le travers de la chaudière, a sombré.	Cause restée indéterminée, la chaudière ayant été submergée et ses débris n'ayant pas été retrouvés. (D'après le plan qui accompagnait le rapport de la commission d'enquête, la chaudière était dans de mauvaises conditions de construction ; mais on ne pouvait affirmer que cette circonstance fût la cause de l'accident.)
10 novemb.	Sucrerie, à Missy-les-Pierrepont (Aisne).	Récipient vertical, cylindrique, de 1^m,80 de hauteur sur 1^m,30 de diamètre, servant au séchage des noirs par la vapeur, et portant, à son fond inférieur, pour le déchargement de ces derniers, une ouverture fermée par un plateau non autoclave, mais maintenu en place par une vis passant dans une traverse rattachée à deux boulons. L'appareil communiquait, par le haut, avec des générateurs timbrés à 5 kilog. et portait dans le bas un tuyau de dégagement.	Rupture des deux boulons de la traverse de la porte de déchargement qui a provoqué le détachement de cette dernière. Irruption du noir brûlant.	Un ouvrier, couvert de noir très-chaud, a succombé le lendemain à ses brûlures. Projection de la porte, dans un sens, et du cylindre dans l'autre. Dégâts matériels insignifiants.	Insuffisance de section et très-mauvaise qualité du fer des boulons.
23 novemb.	Aciérie d'Assailly, à Lorette (Loire).	Chaudière cylindrique, horizontale, avec tubes mobiles (système Berendorff).	Départ d'un des tubes. Irruption d'eau bouillante et de vapeur hors de la chaudière.	Deux ouvriers chauffeurs légèrement blessés.	Desserrage de l'emboitement conique du tube par suite de dilatations successives du métal. Défaut de contre-plaque tubulaire.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
2 décemb.	Fabrique d'apprêts de velours, à Amiens (Somme).	Chaudière horizontale composée d'un corps cylindrique et de deux bouilleurs. Installée en 1857, elle n'avait été ni réparée, ni rééprouvée depuis cette époque. Le corps principal était relié à chacun des bouilleurs par une seule tubulure de communication. Timbre : 5 kilog.	Rupture de la virole médiane du corps cylindrique, suivant toute la longueur d'une génératrice située dans le voisinage de l'arête inférieure; la déchirure s'est propagée perpendiculairement, d'une part, suivant toute la rivure transversale qui joignait cette virole à la virole d'avant, d'autre part, suivant une partie en pleine tôle, très-voisine de la clouure de la virole d'arrière. La virole médiane présentait des indices certains de cassure ancienne et les bords de la déchirure longitudinale inférieure montraient qu'en ce point la tôle avait été réduite de 9 millim., son épaisseur normale, à 1 millim.	Projection verticale de la partie postérieure du corps cylindrique et déplacement horizontal de la partie antérieure de ce même corps avec les deux bouilleurs. Dégâts matériels.	Défaut d'entretien de la chaudière. Des fuites anciennes provenant des tubulures de communication et des lignes de rivets avaient rongé la tôle sous le corps principal.
13 décemb.	Bateau-remorqueur « le Cettois », au port de Cette (Hérault).	Chaudière tubulaire, horizontale, à foyer intérieur, avec réservoir de vapeur demi-cylindrique, régnant sur toute la longueur du générateur, destinée à la mise en mouvement de l'hélice du bateau. Timbre : 6 kilog.	Le bateau remorquait quatre bateaux peu chargés; la chaudière a fait explosion au moment où, après un instant d'arrêt, il se remettait en marche.	Le mousse tué; le capitaine, le mécanicien, le chauffeur et le novice légèrement brûlés. Bateau coulé à fond (*).	Vice de construction. La partie rentrante, à la jonction du corps principal de la chaudière et des réservoirs, n'était pas suffisamment armée.

30 décemb.	Filature de coton, à Longueville (Seine-Inférieure).	Chaudière horizontale, cylindrique, munie de deux bouilleurs et d'un réservoir de vapeur, fonctionnant depuis 1873. Timbre : 6 kilog.	Rupture du bouilleur de gauche sur toute la longueur de la feuille du coup de feu, un peu à droite de la génératrice inférieure. La déchirure s'est propagée transversalement, aux deux extrémités de la virole, le long des rivures; elle contournait également l'emplacement du patin en fonte qui supportait le bouilleur. Enfin, sur la même virole, dans la partie supérieure, on a constaté une petite fissure longitudinale. Echappement de la vapeur et de l'eau par l'ouverture du bas.	Chauffeur mort à la suite de blessures. Projection de la devanture du fourneau et renversement d'une partie du bâtiment.	Concours de circonstances dont une seule a pu être bien déterminée, la mauvaise qualité de la tôle.

RÉSUMÉ

RÉPARTITION DES ACCIDENTS

	NOMBRES.	TUÉS.	BLESSÉS.
1° Par nature d'établissements :			
Hauts-fourneaux et forges	2	22	40
Fonderies.	3	5	»
Aciérie	1	»	2
Mine de houille	1	1	2
Soie (fabrique de)	1	»	1
Teinturerie et apprêts	2	1	»
Tissage	1	»	»
Peignage de laines	1	1	»
Sucre (fabrique et raffinerie de)	2	3	»
Lampes (fabrique de)	1	»	1
Colle-forte (fabrique de)	1	3	»
Bois (trancherie de)	1	»	»
Bateau à vapeur	4	7	4
Exploitations agricoles	2	3	3
Minoteries	2	2	4
Moulin à tan	1	»	1
Papeterie.	1	»	1
Blanchisserie	1	1	»
Huilerie	1	2	3
Filatures	3	3	1
Totaux	32	54	63
2° Par espèces d'appareils :			
CHAUDIÈRES sans foyer intérieur : horizontales avec ou sans bouilleurs	8	7	5
tubulaires avec ou sans bouilleurs	2	2	2
vertic. chauffées par flammes perdues	1	22	35
horizontales à bouilleurs chauffées par flammes perdues	1	»	5
CHAUDIÈRES à foyer intérieur : horizontales	5	6	6
de bateaux	4	7	4
de locomobiles	2	3	3
verticales	2	1	1
RÉCIPIENTS et divers	7	6	2
Totaux	32	54	63
3° Par causes :			
CHAUDIÈRES. *Conditions défectueuses de construction :*			
Mauvaises dispositions	7	5	12
Mauvaise qualité du métal	2	1	5
Conditions défectueuses d'entretien :			
Usure	4	23	35
Corrosion extérieure	3	2	1
Mauvais emploi des appareils :			
Manque d'eau	3	8	5
Imprudence du chauffeur ou d'autres	2	1	»
Mauvais nettoyage	3	5	3
Causes restées douteuses ou inconnues	1	3	»
RÉCIPIENTS et divers	7	6	2
Totaux	32	54	63

DES ACCIDENTS ARRIVÉS DANS L'EMPLOI DES APPAREILS A VAPEUR
PENDANT L'ANNÉE 1875.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
8 janvier.	Teinturerie, à Falaise (Calvados).	Chaudière cylindrique à un seul bouilleur, alimentant une machine de 5 chevaux. Timbre : 5 kilog. L'assemblage des communications du corps cylindrique et du bouilleur était fait de la manière suivante : les tubulures du bouilleur étaient intérieures aux tubulures correspondantes du corps cylindrique, et l'intervalle annulaire de 2 centim. qui existait entre elles, était rempli avec du mastic de fer ; il n'existait aucune armature métallique pour empêcher la disjonction des pièces au cas où le mastic n'adhérerait pas.	Disjonction brusque des tubulures de communication et séparation du corps cylindrique et du bouilleur. L'avant-veille de l'accident, on avait remplacé le bouilleur, qui était en mauvais état, par un autre de rechange. Les joints avaient été faits en mastic comme d'habitude ; le lendemain, la chaudière avait été remplie d'eau, et le surlendemain, les fourneaux avaient été remis en feu. L'accident est arrivé trois heures après l'allumage, alors que la pression atteignait 3 atmosphères.	Projection au-dessus du toit de l'atelier du corps cylindrique, qui est allé tomber à la distance de 30 mètres. Dégâts matériels.	Défaut de solidité à l'assemblage des communications de la chaudière et du bouilleur.
23 janvier.	Drague sur le canal latéral à l'Aisne, près Pontavert (Aisne).	Chaudière tubulaire destinée à la mise en mouvement d'un appareil dragueur. Construite en 1870, elle fonctionnait sur la drague depuis deux mois. Quoique comportant différentes parties planes, elle ne portait ni entretoise, ni consolidation	Rupture de la chaudière en plusieurs fragments. Le jour de l'accident, la drague attaquait une argile collante d'une extraction difficile ; il est donc probable que, comme il arrivait toujours en pareil cas, la chaudière, en raison des difficultés du tre-	Mort du patron et de la belle-sœur de l'entrepreneur de draguage qui faisait fonction de chauffeur. Blessure de deux mariniers qui constituaient le reste de l'équipage. Projection de l'en-	Excès de pression ; mauvaise qualité du métal et principalement défaut de solidité de la chaudière.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANBES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		d'aucune sorte. Timbre : 5 atmosph. 1/2. Epaisseur : 9 millim.	vail, fonctionnait avec une pression supérieure de plusieurs kilogrammes à la pression normale de marche. D'un autre côté, l'explosion a eu lieu pendant un repos de la machine.	veloppe presque complète de la chaudière, du dôme de vapeur et d'une grande partie des tubes, à une certaine distance (un grand nombre de fragments de fer et de fonte ont été retrouvés dans un rayon de 150 mèt.). Renversement de la drague et du bateau qui recevait les vases, ce dernier enfoncé par suite de la chute de la machine à vapeur qui avait été rejetée hors de la drague.	
28 janvier.	Raffinerie de sucre, à Paris.	Chaudière cylindrique à deux bouilleurs, munie de deux réchauffeurs latéraux et horizontaux, superposés l'un à l'autre.	Rupture du réchauffeur inférieur à la virole d'avant, suivant une ligne de rivure longitudinale. La rupture s'est produite pendant la période du remplissage de la chaudière, celle-ci ne fonctionnant pas et étant froide. Les réchauffeurs venaient d'être remplis et l'eau commençait à arriver dans les bouilleurs. L'eau d'alimentation arrivait par l'extrémité posté-	Déplacement du réchauffeur qui est sorti du fourneau sur une longueur de 60 à 80 centim. Dégâts matériels sans importance.	Surélévation de pression résultant de l'insuffisance de débit du tuyau de communication des réchauffeurs, tuyau en grande partie obstrué par des dépôts incrustants. L'horizontalité des réchauffeurs et la disposition dudit tuyau ont pu, en facilitant la formation d'une chambre intermittente de vapeur, contribuer à l'accident, en produisant dans les

			appareil se déversait par l'intermédiaire d'un second tuyau, en col de cygne, dans les bouilleurs proprement dits.		
29 janvier.	Raffinerie de sucre, à Paris.	Bassine à double fond, hémisphérique, servant au réchauffage des sirops et fonctionnant depuis quelques jours seulement. Diamètre de la sphère : $2^m,20$. Epaisseur du métal : 20 millim. Le double fond communiquait avec un générateur timbré à 6 kilog. et n'était muni d'aucune soupape. La vapeur arrivait par une tubulure de 30 millim. de diamètre, et s'échappait avec l'eau condensée, par une deuxième tubulure de 25 millim. portant un robinet.	Rupture en plusieurs fragments de la cuvette extérieure en fonte du double fond, suivant une ligne passant par l'orifice d'échappement et contournant, sur une certaine longueur, un renflement épais établi à la partie centrale, sur lequel s'ajustait le fond supérieur, et qui était percé d'un large orifice pour l'écoulement du sucre liquide. (L'appareil était en charge depuis une heure environ et communiquait avec la chaudière.)	Un ouvrier occupé au-dessous de l'appareil, tué par un des éclats de la cuvette.	Il n'a pas été possible de déterminer d'une manière précise la cause de l'accident ; mais il paraît très-probable qu'il doit être attribué à un excès de pression par rapport à la faible épaisseur du métal de l'appareil. Celui-ci était d'ailleurs dans de mauvaises conditions de construction et de fonctionnement.
9 février.	Teinturerie de bois, à Paris.	Cylindre vertical en cuivre, destiné à recevoir les liquides préparés pour la teinture et à les envoyer dans un autre réservoir placé à 8 mèt. environ plus haut. Hauteur du cylindre : 3 mèt. Diamètre : $1^m,50$. Epaisseur : 2 mill. L'ascension des liquides se faisait par suite de l'ouverture d'une communication avec un générateur voisin timbré à 5 kil. et dont la vapeur venait presser sur leur surface. L'appareil n'était muni d'aucune soupape.	Déchirure du fond supérieur bombé, suivant un plan à peu près vertical passant à une distance de l'axe du cylindre égale à un demi-rayon environ.	Dégâts matériels peu importants.	Défaut de construction que la moindre inadvertance du fait des ouvriers commis à la manœuvre des robinets du récipient devait rendre dangereux. Il a, en effet, suffi que ces derniers aient été laissés fermés ou très-peu ouverts pour que la tension dans le métal ait été égale à la tension de rupture.
3 mars.	Blanchisserie, à Santes près Haubourdin (Nord).	Chaudière composée d'un corps cylindrique tubulaire et de deux bouil-	Rupture des tubes des deux rangées supérieures, dans un sens transversal, au	Chauffeur mort à la suite de brûlures.	Alimentation intempestive après un abaissement anormal du niveau de

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		leurs, fonctionnant depuis 1863. Les flammes léchaient, dans un premier circuit, les deux bouilleurs et la moitié inférieure du corps cylindrique; elles passaient ensuite dans le faisceau tubulaire qui les ramenait à l'avant et se rendaient enfin à la cheminée par un troisième circuit composé de deux carneaux lateraux établis sur le flanc de la chaudière. Longueur du corps cylindrique : 3m,85. Diamètre : 1m,34. Capacité totale : 8mc,700.	droit des bagues de la plaque d'arrière. Échappement d'eau bouillante et de vapeur par la porte du foyer. L'explosion a eu lieu pendant l'alimentation, cinq minutes environ après le moment où cette opération avait commencé.		l'eau, abaissement que l'absence de tube en verre et le mauvais état de fonctionnement des appareils indicateurs de ce niveau empêchaient complétement de reconnaître.
9 mars.	Sucrerie, à Fresnes-Génermont (Somme).	Chaudière composée d'un corps cylindrique et de deux bouilleurs réchauffeurs, faisant partie d'une batterie de quatre appareils semblables. Longueur : 12 mèt. Diamètre : 1m,20. Epaisseur : 12 mill. Timbre : 5 atmosph. 1/2. La feuille exposée au coup de feu avait été remplacée en 1874.	Rupture de la tôle du coup de feu de la chaudière, le long de l'arête inférieure, sur une longueur de 2m.15. Échappement abondant de vapeur. L'explosion s'est produite au passage du service de nuit au service de jour.	Léger soulèvement de la chaudière par une de ses extrémités. Dégâts matériels peu importants.	Manque d'eau dans la chaudière qui était dépourvue d'indicateur de niveau en bon état.
12 mars.	Imprimerie, à Arras (Pas-de-Calais).	Chaudière verticale à foyer intérieur portant à sa partie inférieure plusieurs ouvertures de petite dimension destinées au nettoyage et fermées par des [illegible]	Rupture du boulon de serrage de l'un des tampons, en un point qui correspond à la fois à la naissance du [illegible]	Un chauffeur et trois ouvriers légèrement brûlés. Projection du tampon à distance.	Mauvaise disposition du tampon de nettoyage et efforts de serrage trop énergiques eu égard aux conditions de résistance du boulon.

			[illegible] agissait sur l'écrou de serrage et appuyait avec le pied sur l'extrémité de la clef. La section de rupture a montré d'ailleurs que, sur une notable partie de sa surface, la cassure n'était pas fraîche.		
20 avril.	Papeterie, à Aulnay-sur-Mauldre (Seine-et-Oise).	Lessiveur cylindrique en tôle, terminé par deux fonds courbes, et destiné à la cuisson des pailles et des chiffons. Diamètre : 1m,45. Cet appareil tournait autour d'un axe horizontal; il recevait la vapeur de générateurs voisins timbrés à 5 atmosph. 1/2, tandis qu'il ne portait qu'un timbre de 3 atmosph. Ses fonds assemblés avec le corps cylindrique au moyen d'une tôle emboutie en forme de cornière, n'étaient pas reliés entre eux par des tirants.	Rupture d'une des cornières de jonction à sa partie cylindrique et à quelques millimètres du coude d'inflexion. Échappement de la vapeur. Les fonds et les cornières avaient une épaisseur originelle de 10 millim.; mais certaines parties des cornières avaient été rongées au point d'avoir cette épaisseur réduite de moitié. D'autres parties étaient comme effeuillées.	Un mécanicien grièvement blessé. Projection du fond rompu sur le sol, presque sur place, et du cylindre avec l'autre fond, à travers un des murs de l'établissement et à une distance de 96 mèt. Dégâts matériels.	Excès de pression eu égard aux conditions de construction de l'appareil et à son état de vétusté.
5 mai.	Moulin à vent, à Villequiers (Cher).	Chaudière verticale, à foyer intérieur, mettant en mouvement une machine à vapeur. Hauteur : 2m,25. Diamètre : 1m,13. Épaisseur : 11 millim. Capacité totale : 0mc,985. Timbre : 6 atmosph. Installée et éprouvée en 1865, cette chaudière n'avait reçu que des réparations de peu d'importance. Elle était munie des appareils de sûreté réglementaires.	Déchirure du corps et du ciel de la chaudière le long des lignes de rivets. Échappement de l'eau bouillante et de la vapeur. L'explosion a eu lieu un quart d'heure après l'arrêt de la machine pour une réparation à l'intérieur du moulin.	Chauffeur mort à la suite de brûlures. Projection des fragments de la chaudière à une dizaine de mètres, dans différentes directions. Renversement des murs du bâtiment. Dégâts matériels importants.	La cause de cet accident est restée indéterminée; l'enquête, faite tardivement, par la faute des propriétaires, n'a pu fournir les renseignements qui auraient pu être donnés par le chauffeur et servir de base à une appréciation certaine. Toutefois, la violence de l'explosion indique un travail considérable et fait supposer que la pression avait dépassé les limites qui lui étaient assignées.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
28 mai.	Peignage de laine, à Tourcoing (Nord).	Chaudière composée d'un corps cylindrique horizontal et de deux bouilleurs en contre-bas, reliés au corps principal chacun par une seule communication. Capacité totale : 21^{mc},770. Mise en service : 1867. Cette chaudière était chauffée à flammes renversées.	Rupture d'un des bouilleurs en pleine tôle, à la virole d'arrière portant l'unique communication. Les déchirures ont eu lieu suivant trois lignes concourant en un même point; l'une d'elles était dirigée suivant une génératrice à la hauteur de la crête du socle sur lequel reposait la virole; une deuxième, qui peut être considérée comme la suite irrégulière de la précédente, coupait obliquement la virole de haut en bas; enfin, la troisième formait, de l'autre côté de celle-ci, comme une demi-section droite. Les rivures transversales s'étaient déchirées, mais partiellement et sans se détacher. Dans les parties qui ont cédé, la tôle avait été réduite, en certains points, de 8 millim. à moins de 1 millim.	Quatre ouvriers tués et cinq autres légèrement blessés. Soulèvement du générateur à l'arrière. Dégâts matériels assez considérables.	Corrosion profonde par oxydation extérieure de la tôle qui s'est déchirée, corrosion due principalement aux fuites qui s'opéraient au travers d'une fente existant à la communication du bouilleur avec le corps principal et dont l'origine probable est la fatigue qu'a éprouvée cette partie de la chaudière par suite de la médiocre construction du fourneau. Ces fuites et corrosion eussent été reconnues et, sans doute, l'accident évité si la surveillance des appareils eût été convenablement faite.
28 mai.	Distillerie de grains, à Maisons-Alfort (Seine).	Récipient cylindrique muni de deux fonds plats et destiné à faire chauffer de l'eau à 70 ou 75° par la vapeur, pour la macération des grains. Diamètre : 1^m,93. Hauteur : 2^m,30. Épaisseur : [illegible] mill. [illegible]	Déchirure du fond supérieur suivant la ligne des boulons sur toute la circonférence, à l'exception de deux parties de peu d'étendue où la rupture est intérieure à cette ligne. Avant l'explosion, des ou- [illegible]	Un ouvrier chargé de la manœuvre du récipient, légèrement blessé par des débris de la toiture du bâtiment, à travers laquelle le fond supérieur a été lancé. [illegible]	Insuffisance de l'orifice d'échappement de la vapeur. Inattention de l'ouvrier chargé de la conduite de l'appareil. Imprudence du propriétaire qui a mis entre les mains de ses ouvriers un appareil n'offrant aucune résistance à une pression [illegible]

			[illegible] un tuyau enroulé en spirale et percé de trous, était produite dans des chaudières timbrées à 6 kilog. Le tuyau d'admission avait un diamètre de 45 millim. et l'échappement de la vapeur avait lieu par un orifice pratiqué sur le fond supérieur. Ce récipient, installé en 1874, portait un indicateur de niveau de l'eau et un manomètre gradué de 1 à 3 atmosph. La température de l'eau n'était reconnue qu'au moyen d'un thermomètre que l'on plongeait dans l'eau extraite par un robinet au bas de l'appareil.	de cet avertissement, n'avait pas fermé le robinet d'admission.		
	30 mai.	Moulin à blé, de Signevarine, commune de Commentry (Allier).	Chaudière de locomobile, horizontale, composée d'une enveloppe extérieure et d'un foyer intérieur prolongé par un tube bouilleur jusqu'à une boite à fumée d'où les flammes étaient ramenées en avant par 14 tubes. Timbre : 5 kilog. Construite en 1872, cette chaudière avait été raccourcie de $0^m,40$ en 1873 et avait subi diverses réparations ou consolidations. On avait posé des entretoises aux parois latérales du foyer, qui étaient à peu près planes, sans que l'épreuve eût été renouvelée. Les soupapes étaient surchargées de 2 kilog. et les autres appareils de sûreté en mauvais état.	Rupture des entretoises de la paroi gauche du foyer qui sont sorties des trous où s'engageait une de leurs extrémités, rivées d'une manière insuffisante. Echappement violent d'eau et de vapeur par les ouvertures qui en sont résultées. L'explosion s'est produite peu d'instants après le moment où l'on a mis la chaudière en feu pour la première fois depuis son installation et alors que le propriétaire venait de caler une des soupapes pour arrêter une fuite qui s'y était déclarée.	Trois hommes assez grièvement brûlés par l'eau, la vapeur et les charbons projetés.	Insuffisance de consolidation du foyer, aidée d'une surélévation de pression causée par la surcharge des soupapes. La faute du propriétaire de la chaudière est aggravée par le mauvais état de tous les appareils de sûreté.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
8 juin.	Usine à chaux hydraulique, au Soulier, commune de Saint-Martin-de-Valgagues (Gard).	Chaudière horizontale, composée d'un corps principal cylindrique superposé à un bouilleur également cylindrique. Diamètre de la chaudière : 0m.90. Longueur : 5 mèt. Diamètre du bouilleur : 0m,90. Longueur : 4 mèt. Capacité : 6 mèt. cubes. Surface de chauffe : 15 mèt. carrés. Timbre : 6 kilog. Date de la construction : 1866. Le bouilleur, terminé à l'arrière par un fond plat en fonte, était légèrement incliné vers ce même côté : le tuyau de vidange y était établi à 3 ou 4 centim. au-dessus du fond. Le chauffage était à flammes renversées. Les eaux d'alimentation contenaient du sulfate de fer Le générateur fonctionnait par intermittence avec chômage mensuel durant quelquefois quinze jours.	Déchirure de la virole d'arrière du bouilleur, longitudinalement suivant la génératrice inférieure, et transversalement suivant deux lignes de fracture, l'une contournant en partie le fond en fonte, l'autre en pleine tôle, et séparées l'une de l'autre par un intervalle d'environ 0m,90. L'épaisseur de la tôle, qui, à l'origine, avait été de 9 millim. environ, ne dépassait pas 2 millim. sur toute l'étendue de la génératrice qui s'est ouverte. En outre, dans le voisinage du fond en fonte, la rivure ne présentait plus qu'un mamelon rouillé entouré partout d'une couche d'oxyde ocreux, tant sur la fonte que sur le fer. Sur l'anneau déchiré les épaisseurs décroissaient de haut en bas, à partir surtout de la moitié de la hauteur.	Détachement du reste de la chaudière, de l'anneau en tôle compris entre les deux fractures, lequel a été trouvé complétement développé au milieu des débris du fourneau. Projection du fond en fonte en arrière, et de la chaudière, à une dizaine de mètres, dans une direction à peu près parallèle à son axe longitudinal. Renversement du fourneau, d'un mur contre lequel la chaudière était appuyée, de la cheminée et d'un hangar. Dégâts matériels considérables.	Etat d'usure auquel était arrivée la chaudière, usure qui paraît devoir être attribuée à l'action des eaux d'alimentation dans les conditions d'intermittence fréquente où fonctionnait l'appareil.
15 juin.	Moulin, à Mizon (Loiret).	Chaudière.	Déchirure du métal. Dégagement de vapeur.	Femme du meunier légèrement brûlée au visage.	Manque d'eau par suite de l'obstruction du tuyau d'alimentation. Cet accident n'a été connu qu'après le remplacement de la chaudière, qui n'avait pas été l'objet d'une déclaration.

		... entre elles dans le sens de leur longueur; il était terminé par deux fonds reliés l'un à l'autre par quatre tirants. Cet appareil, timbré à 4 kilog., recevait la vapeur d'une chaudière marchant habituellement à une pression supérieure. La conduite d'amenée de la vapeur était munie de deux soupapes chargées pour 3 atmosph., mais qui, en fait, étaient habituellement surchargées pour éviter les fuites.	... gagement de vapeur.	... vapeur ou par les éclats de l'appareil. Projection de la partie cylindrique entièrement développée contre le plafond de l'atelier, et des deux fonds à peu de distance.	... de toute nature auxquelles elle a été exposée par un service de plus de 10 ans. Il est admissible qu'au moment de l'explosion, la pression dans l'intérieur du cylindre était plus élevée que ne comportait le timbre, en raison de la tension qu'avait la vapeur dans le générateur et de la surcharge des soupapes.
28 juillet.	Forges de Bességes (Gard).	Chaudière cylindrique verticale, chauffée par les flammes perdues d'un four à réchauffer. Hauteur : $13^m,16$. Diamètre : $1^m,10$. Timbre : 6 kilog. Cette chaudière avait été mise en grande réparation et rééprouvée au commencement de 1874. La clouure était à une seule rangée de rivets. Le carneau avait une section trop faible. L'alimentation avait lieu à longs intervalles et par grosses masses d'un mèt. cube, débouchant dans la partie la plus chauffée du générateur. Les eaux contenaient des chlorures et du sulfate de fer. Le charbon employé sur la grille du four était d'une nature pyriteuse.	Déchirure, en pleine tôle, d'une feuille appartenant à la deuxième virole, à partir du bas, laquelle était entièrement recouverte par un revêtement en maçonnerie. La déchirure, à peu près verticale d'abord, s'est continuée ensuite horizontalement, en haut et en bas de chaque côté; les fragments séparés se sont rabattus sur le reste de la feuille à l'instar de deux volets. L'ouverture ainsi formée avait une hauteur de $0^m,20$ et une largeur de $0^m,27$. Dégagement abondant d'eau et de vapeur. L'épaisseur du métal qui, à l'origine, était de 11 millimètres, n'avait plus que 2, 3 et 4 millim. dans la région de rupture.	Six ouvriers morts des suites de leurs brûlures. Ecroulement des maçonneries de la partie inférieure de la chaudière.	Insuffisance de la surveillance de la chaudière, dont une des tôles a eu son épaisseur réduite de 11 millim. à 2 et 3 millim., sans qu'on s'en soit aperçu. Cet amincissement extrême provient de fuites dues à des actions de natures diverses.
29 juillet.	Exploitation agricole, à Vérizet (Saône-et-Loire).	Chaudière locomobile cylindrique, tubulaire, à foyer intérieur, alimen-	Déformation et déchirure de la paroi interne du double fond. Dégagement d'eau et	Incendie des bâtiments de la ferme, allumé par le com-	Insuffisance d'épaisseur du métal de la calotte intérieure du double fond,

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANBES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		d'aucune sorte. Timbre : 5 atmosph. 1/2. Epaisseur : 9 millim.	vail, fonctionnait avec une pression supérieure de plusieurs kilogrammes à la pression normale de marche. D'un autre côté, l'explosion a eu lieu pendant un repos de la machine.	veloppe presque complète de la chaudière, du dôme de vapeur et d'une grande partie des tubes, à une certaine distance (un grand nombre de fragments de fer et de fonte ont été retrouvés dans un rayon de 150 mèt.). Renversement de la drague et du bateau qui recevait les vases, ce dernier enfoncé par suite de la chute de la machine à vapeur qui avait été rejetée hors de la drague.	
28 janvier.	Raffinerie de sucre, à Paris.	Chaudière cylindrique à deux bouilleurs, munie de deux réchauffeurs latéraux et horizontaux, superposés l'un à l'autre.	Rupture du réchauffeur inférieur à la virole d'avant, suivant une ligne de rivure longitudinale. La rupture s'est produite pendant la période du remplissage de la chaudière, celle-ci ne fonctionnant pas et étant froide. Les réchauffeurs venaient d'être remplis et l'eau commençait à arriver dans les bouilleurs. L'eau d'alimentation arrivait par l'extrémité posté-	Déplacement du réchauffeur qui est sorti du fourneau sur une longueur de 60 à 80 centim. Dégâts matériels sans importance.	Surélévation de pression résultant de l'insuffisance de débit du tuyau de communication des réchauffeurs, tuyau en grande partie obstrué par des dépôts incrustants. L'horizontalité des réchauffeurs et la disposition dudit tuyau ont pu, en facilitant la formation d'une chambre intermittente de vapeur, contribuer à l'accident, en produisant dans les

		éprouvée en [illegible] pour la pression de 5 atmosph.			
12 septemb.	Bateau-porteur, n° 12, à Mantes (Seine-et-Oise).	Chaudière fonctionnant à basse pression et établie d'après le système dit à lames d'eau. Sa forme extérieure était celle d'un parallélipipède terminé, en haut, par une partie cylindrique. Le fond inférieur était plat : il était relié avec le dôme supérieur à l'aide de deux tirants. Les faces verticales étaient assemblées avec le fond par l'intermédiaire de cornières qui étaient en mauvais état et dont l'épaisseur première avait été réduite au point d'avoir nécessité, en certaines parties, des reprises en couvre-joint. Cette chaudière était ancienne; elle avait été réparée plusieurs fois, notamment en 1868 et en 1874.	Déchirure de la chaudière : latéralement et à l'arrière, sur toute la longueur des angles des cornières; à l'avant, en pleine tôle, légèrement au-dessus de la cornière inférieure. L'explosion a eu lieu au moment où le bateau se remettait en route, après un arrêt de deux heures environ.	Le mécanic… chauffeur … la suite de … sures. Proje… de la chaudièr… une assez grand… hauteur.	…nts …s re- co… …rustations épai…
17 septemb.	Filature, à Saint-Denis-de-Méré (Calvados).	Chaudière locomobile cylindrique, tubulaire horizontale, avec boîte à feu et foyer elliptiques, alimentant une machine de 10 chevaux, et paraissant avoir été construite avant 1865. Achetée d'occasion, elle n'était établie dans la filature que depuis deux mois et n'avait pas subi l'épreuve réglementaire.	Déchirure de la boîte à feu extérieure, dans sa partie elliptique, près de la jonction avec sa face plane d'arrière. Cette déchirure s'est prolongée, obliquement et en pleine tôle, sur le corps cylindrique proprement dit, qu'elle a contourné presque entièrement des deux côtés. La tôle, sur toute la longueur de la déchirure, était oxydée de manière à	Mort du chauffeur et du fils du contre-maître. Blessure grave du fils du propriétaire. Démolition du bâtiment qui contenait la chaudière.	Très-mauvaise qualité du métal, qui présentait de nombreuses criques et gerçures dans les parties embouties, déjà profondément corrodées.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		leurs, fonctionnant depuis 1863. Les flammes léchaient, dans un premier circuit, les deux bouilleurs et la moitié inférieure du corps cylindrique; elles passaient ensuite dans le faisceau tubulaire qui les ramenait à l'avant et se rendaient enfin à la cheminée par un troisième circuit composé de deux carneaux lateraux établis sur le flanc de la chaudière. Longueur du corps cylindrique : 3m,85. Diamètre : 1m,34. Capacité totale : 8mc,700.	droit des bagues de la plaque d'arrière. Échappement d'eau bouillante et de vapeur par la porte du foyer. L'explosion a eu lieu pendant l'alimentation, cinq minutes environ après le moment où cette opération avait commencé.		l'eau, abaissement que l'absence de tube en verre et le mauvais état de fonctionnement des appareils indicateurs de ce niveau empêchaient complétement de reconnaître.
9 mars.	Sucrerie, à Fresnes-Gémermont (Somme).	Chaudière composée d'un corps cylindrique et de deux bouilleurs réchauffeurs, faisant partie d'une batterie de quatre appareils semblables. Longueur : 12 mèt. Diamètre : 1m,20. Epaisseur : 12 mill. Timbre : 5 atmosph. 1/2. La feuille exposée au coup de feu avait été remplacée en 1874.	Rupture de la tôle du coup de feu de la chaudière, le long de l'arête inférieure, sur une longueur de 2m,15. Échappement abondant de vapeur. L'explosion s'est produite au passage du service de nuit au service de jour.	Léger soulèvement de la chaudière par une de ses extrémités. Dégâts matériels peu importants.	Manque d'eau dans la chaudière qui était dépourvue d'indicateur de niveau en bon état.
12 mars.	Imprimerie, à Arras (Pas-de-Calais).	Chaudière verticale à foyer intérieur portant à sa partie inférieure plusieurs ouvertures de petite dimension destinées au net- [illegible]	Rupture du boulon de serrage de l'un des tampons, en un point qui correspond à la fois à la naissance du filet et à une ré- [illegible]	Un chauffeur et trois ouvriers légèrement brûlés. Projection du tampon à distance.	Mauvaise disposition du tampon de nettoyage et efforts de serrage trop énergiques eu égard aux conditions de résistance du boulon.

			[illegible] sait sur l'écrou de serrage et appuyait avec le pied sur l'extrémité de la clef. La section de rupture a montré d'ailleurs que, sur une notable partie de sa surface, la cassure n'était pas fraîche.		
20 avril.	Papeterie, à Aulnay-sur-Mauldre (Seine-et-Oise).	Lessiveur cylindrique en tôle, terminé par deux fonds courbes, et destiné à la cuisson des pailles et des chiffons. Diamètre : 1m,45. Cet appareil tournait autour d'un axe horizontal; il recevait la vapeur de générateurs voisins timbrés à 5 atmosph. 1/2, tandis qu'il ne portait qu'un timbre de 3 atmosph. Ses fonds assemblés avec le corps cylindrique au moyen d'une tôle emboutie en forme de cornière, n'étaient pas reliés entre eux par des tirants.	Rupture d'une des cornières de jonction à sa partie cylindrique et à quelques millimètres du coude d'inflexion. Échappement de la vapeur. Les fonds et les cornières avaient une épaisseur originelle de 10 millim.; mais certaines parties des cornières avaient été rongées au point d'avoir cette épaisseur réduite de moitié. D'autres parties étaient comme effeuillées.	Un mécanicien grièvement blessé. Projection du fond rompu sur le sol, presque sur place, et du cylindre avec l'autre fond, à travers un des murs de l'établissement et à une distance de 96 mèt. Dégâts matériels.	Excès de pression eu égard aux conditions de construction de l'appareil et à son état de vétusté.
5 mai.	Moulin à vent, à Villequiers (Cher).	Chaudière verticale, à foyer intérieur, mettant en mouvement une machine à vapeur. Hauteur : 2m,25. Diamètre : 1m,13. Épaisseur : 11 millim. Capacité totale : 0mc,985. Timbre : 6 atmosph. Installée et éprouvée en 1865, cette chaudière n'avait reçu que des réparations de peu d'importance. Elle était munie des appareils de sûreté réglementaires.	Déchirure du corps et du ciel de la chaudière le long des lignes de rivets. Échappement de l'eau bouillante et de la vapeur. L'explosion a eu lieu un quart d'heure après l'arrêt de la machine pour une réparation à l'intérieur du moulin.	Chauffeur mort à la suite de brûlures. Projection des fragments de la chaudière à une dizaine de mètres, dans différentes directions. Renversement des murs du bâtiment. Dégâts matériels importants.	La cause de cet accident est restée indéterminée; l'enquête, faite tardivement, par la faute des propriétaires, n'a pu fournir les renseignements qui auraient pu être donnés par le chauffeur et servir de base à une appréciation certaine. Toutefois, la violence de l'explosion indique un travail considérable et fait supposer que la pression avait dépassé les limites qui lui étaient assignées.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
28 mai.	Peignage de laine, à Tourcoing (Nord).	Chaudière composée d'un corps cylindrique horizontal et de deux bouilleurs en contre-bas, reliés au corps principal chacun par une seule communication. Capacité totale : 21[mc],770. Mise en service : 1867. Cette chaudière était chauffée à flammes renversées.	Rupture d'un des bouilleurs en pleine tôle, à la virole d'arrière portant l'unique communication. Les déchirures ont eu lieu suivant trois lignes concourant en un même point; l'une d'elles était dirigée suivant une génératrice à la hauteur de la crête du socle sur lequel reposait la virole; une deuxième, qui peut être considérée comme la suite irrégulière de la précédente, coupait obliquement la virole de haut en bas; enfin, la troisième formait, de l'autre côté de celle-ci, comme une demi-section droite. Les rivures transversales s'étaient déchirées, mais partiellement et sans se détacher. Dans les parties qui ont cédé, la tôle avait été réduite, en certains points, de 8 millim. à moins de 1 millim.	Quatre ouvriers tués et cinq autres légèrement blessés. Soulèvement du générateur à l'arrière. Dégâts matériels assez considérables.	Corrosion profonde par oxydation extérieure de la tôle qui s'est déchirée, corrosion due principalement aux fuites qui s'opéraient au travers d'une fente existant à la communication du bouilleur avec le corps principal et dont l'origine probable est la fatigue qu'a éprouvée cette partie de la chaudière par suite de la médiocre construction du fourneau. Ces fuites et corrosion eussent été reconnues et, sans doute, l'accident évité si la surveillance des appareils eût été convenablement faite.
28 mai.	Distillerie de grains, à Maisons-Alfort (Seine).	Récipient cylindrique muni de deux fonds plats et destiné à faire chauffer de l'eau à 70 ou 75° par la vapeur, pour la macération des grains. Diamètre : 1[m],93. Hauteur : 2[m],30. Épaisseur 1,8 mill. [illegible]	Déchirure du fond supérieur suivant la ligne des boulons sur toute la circonférence, à l'exception de deux parties de peu d'étendue où la rupture est intérieure à cette ligne. Avant l'explosion, des ou- [illegible]	Un ouvrier chargé de la manœuvre du récipient, légèrement blessé par des débris de la toiture du bâtiment, à travers laquelle le fond supérieur a été lancé. [illegible]	Insuffisance de l'orifice d'échappement de la vapeur. Inattention de l'ouvrier chargé de la conduite de l'appareil. Imprudence du propriétaire qui a mis entre les mains de ses ouvriers un appareil n'offrant aucune résistance, à une pression [illegible]

RÉSUMÉ.

RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

	NOMBRES.	TUÉS.	BLESSÉS.
1° Par nature d'établissements :			
Usine à fer	1	6	»
Filature	1	2	1
Fabriques de sucre	5	3	2
Râperie de betteraves	1	2	3
Blanchisseries	3	3	3
Teintureries	2	»	»
Peignage de laine	1	4	5
Distillerie de grains	1	»	1
Moulins à blé	3	1	4
Exploitations agricoles	2	1	3
Bateau à vapeur et drague	2	4	2
Imprimerie	1	»	4
Papeterie	1	»	1
Usine à chaux hydraulique	1	»	»
Atelier de constructions mécaniques	1	»	2
Totaux	26	26	31
2° Par espèce d'appareils :			
CHAUDIÈRES sans foyer intérieur : horizontales avec ou sans bouilleurs	7	4	8
CHAUDIÈRES sans foyer intérieur : tubulaires avec ou sans bouilleurs	2	3	3
CHAUDIÈRES sans foyer intérieur : verticales chauffées par flammes perdues	1	6	3
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : horizontales	1	1	»
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : de bateaux ou de dragues	2	4	2
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : de locomobiles	5	3	8
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : verticales	2	1	4
RÉCIPIENTS	6	4	6
Totaux	26	26	31
3° D'après les causes :			
CHAUDIÈRES — *Conditions défectueuses de construction :*			
Mauvaises dispositions	3	5	11
Mauvaise qualité du métal	2	2	2
Conditions défectueuses d'entretien :			
Usure	1	»	»
Corrosion extérieure	1	4	5
Mauvais emploi des appareils :			
Manque d'eau	3	1	1
Imprudence ou négligence du chauffeur	4	9	6
Causes restées inconnues	1	1	»
RÉCIPIENTS	6	4	6
Totaux	26	26	31

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
8 juin.	Usine à chaux hydraulique, au Soulier, commune de Saint-Martin-de-Valgagues (Gard).	Chaudière horizontale, composée d'un corps principal cylindrique superposé à un bouilleur également cylindrique. Diamètre de la chaudière: 0m,90. Longueur : 5 mèt. Diamètre du bouilleur : 0m,90. Longueur : 4 mèt. Capacité : 6 mèt. cubes. Surface de chauffe : 15 mèt. carrés. Timbre : 6 kilog. Date de la construction : 1866. Le bouilleur, terminé à l'arrière par un fond plat en fonte, était légèrement incliné vers ce même côté: le tuyau de vidange y était établi à 3 ou 4 centim. au-dessus du fond. Le chauffage était à flammes renversées. Les eaux d'alimentation contenaient du sulfate de fer. Le générateur fonctionnait par intermittence avec chômage mensuel durant quelquefois quinze jours.	Déchirure de la virole d'arrière du bouilleur, longitudinalement suivant la génératrice inférieure, et transversalement suivant deux lignes de fracture, l'une contournant en partie le fond en fonte, l'autre en pleine tôle, et séparées l'une de l'autre par un intervalle d'environ 0m,90. L'épaisseur de la tôle, qui, à l'origine, avait été de 9 millim. environ, ne dépassait pas 2 millim. sur toute l'étendue de la génératrice qui s'est ouverte. En outre, dans le voisinage du fond en fonte, la rivure ne présentait plus qu'un mamelon rouillé entouré partout d'une couche d'oxyde ocreux, tant sur la fonte que sur le fer. Sur l'anneau déchiré les épaisseurs décroissaient de haut en bas, à partir surtout de la moitié de la hauteur.	Détachement du reste de la chaudière, de l'anneau en tôle compris entre les deux fractures, lequel a été trouvé complétement développé au milieu des débris du fourneau. Projection du fond en fonte en arrière, et de la chaudière, à une dizaine de mètres, dans une direction à peu près parallèle à son axe longitudinal. Renversement du fourneau, d'un mur contre lequel la chaudière était appuyée, de la cheminée et d'un hangar. Dégâts matériels considérables.	État d'usure auquel était arrivée la chaudière, usure qui paraît devoir être attribuée à l'action des eaux d'alimentation dans les conditions d'intermittence fréquente où fonctionnait l'appareil.
15 juin.	Moulin, à Mizon (Loiret).	Chaudière.	Déchirure du métal. Dégagement de vapeur.	Femme du meunier légèrement brûlée au visage.	Manque d'eau par suite de l'obstruction du tuyau d'alimentation. Cet accident n'a été connu qu'après le remplacement de la chaudière, qui n'avait pas été l'objet d'une déclaration.

		[redacted] elle était fixée [redacted] quatre petits rivets et par une frette posée à chaud. L'épaisseur du fond était de 0m,018 au centre et de 0m,015 près de la circonférence. Le fond de sortie portait, pour l'extraction de l'eau de condensation, des conduits venus de fonte avec le plateau, et remplissant le rôle de nervures ; mais le plateau d'entrée n'avait aucune nervure et se trouvait d'une épaisseur insuffisante. L'échappement avait lieu à travers un extracteur clos.			
12 février.	Papeterie, à Mazères (Haute-Garonne).	Lessiveur cylindrique, horizontal, en tôle, servant au blanchissage des chiffons et tournant autour d'un axe horizontal. Longueur : 5 mèt.; diamètre : 1m,80; timbre : 3 kil. A l'une de ses extrémités, il portait deux ouvertures diamétralement opposées, de forme elliptique, ayant un grand axe de 0m,55 et un petit axe de 0m,40, fermées par des plaques de tôle maintenues chacune par six boulons de 0m,045 de diamètre. Un des tourillons communiquait avec le tuyau d'échappement de la vapeur habituellement fermé, et sur lequel étaient placés un manomètre et deux soupapes de 0m,07 de diamètre,	Rupture de tous les boulons qui maintenaient les deux plaques de fermeture, et détachement de ces plaques.	Un ouvrier tué et six blessés plus ou moins grièvement. Projection des plaques au loin et du lessiveur à 5 ou 6 mèt. Démolition du bâtiment dans lequel se trouvait ce dernier.	Cause restée inconnue.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
8 juin.	Usine à chaux hydraulique, au Soulier, commune de Saint-Martin-de-Valgagues (Gard).	Chaudière horizontale, composée d'un corps principal cylindrique superposé à un bouilleur également cylindrique. Diamètre de la chaudière: 0m,90. Longueur : 5 mèt. Diamètre du bouilleur : 0m,90. Longueur : 4 mèt. Capacité : 6 mèt. cubes. Surface de chauffe : 15 mèt. carrés. Timbre : 6 kilog. Date de la construction : 1866. Le bouilleur, terminé à l'arrière par un fond plat en fonte, était légèrement incliné vers ce même côté; le tuyau de vidange y était établi à 3 ou 4 centim. au-dessus du fond. Le chauffage était à flammes renversées. Les eaux d'alimentation contenaient du sulfate de fer Le générateur fonctionnait par intermittence avec chômage mensuel durant quelquefois quinze jours.	Déchirure de la virole d'arrière du bouilleur, longitudinalement suivant la génératrice inférieure, et transversalement suivant deux lignes de fracture, l'une contournant en partie le fond en fonte, l'autre en pleine tôle, et séparées l'une de l'autre par un intervalle d'environ 0m,90. L'épaisseur de la tôle, qui, à l'origine, avait été de 9 millim. environ, ne dépassait pas 2 millim. sur toute l'étendue de la génératrice qui s'est ouverte. En outre, dans le voisinage du fond en fonte, la rivure ne présentait plus qu'un mamelon rouillé entouré partout d'une couche d'oxyde ocreux, tant sur la fonte que sur le fer. Sur l'anneau déchiré les épaisseurs décroissaient de haut en bas, à partir surtout de la moitié de la hauteur.	Détachement du reste de la chaudière, de l'anneau en tôle compris entre les deux fractures, lequel a été trouvé complétement développé au milieu des débris du fourneau. Projection du fond en fonte en arrière, et de la chaudière, à une dizaine de mètres, dans une direction à peu près parallèle à son axe longitudinal. Renversement du fourneau, d'un mur contre lequel la chaudière était appuyée, de la cheminée et d'un hangar. Dégâts matériels considérables.	Etat d'usure auquel était arrivée la chaudière, usure qui paraît devoir être attribuée à l'action des eaux d'alimentation dans les conditions d'intermittence fréquente où fonctionnait l'appareil.
15 juin.	Moulin, à Mizon (Loiret).	Chaudière.	Déchirure du métal. Dégagement de vapeur.	Femme du meunier légèrement brûlée au visage.	Manque d'eau par suite de l'obstruction du tuyau d'alimentation. Cet accident n'a été connu qu'après le remplacement de la chaudière, qui n'avait pas été l'objet d'une déclaration.

		... elle avait été éprouvée en 1861 pour la pression de 5 atmosph.			
12 septemb.	**Bateau-porteur, n° 12, à Mantes** (Seine-et-Oise).	**Chaudière fonctionnant** à basse pression et établie d'après le système dit à lames d'eau. Sa forme extérieure était celle d'un parallélipipède terminé, en haut, par une partie cylindrique. Le fond inférieur était plat : il était relié avec le dôme supérieur à l'aide de deux tirants. Les faces verticales étaient assemblées avec le fond par l'intermédiaire de cornières qui étaient en mauvais état et dont l'épaisseur première avait été réduite au point d'avoir nécessité, en certaines parties, des reprises en couvre-joint. Cette chaudière était ancienne; elle avait été réparée plusieurs fois, notamment en 1868 et en 1874.	**Déchirure de la chaudière** : latéralement et à l'arrière, sur toute la longueur des angles des cornières; à l'avant, en pleine tôle, légèrement au-dessus de la cornière inférieure. L'explosion a eu lieu au moment où le bateau se remettait en route, après un arrêt de deux heures environ.	**Le mécanicien et le** chauffeur morts à la suite de blessures. Projection de la chaudière à une assez grande hauteur.	**Insuffisance** d'entretoisement du fond plat inférieur. Mauvais état des cornières et des tôles qui se sont déchirées. Défaut d'entretien de l'appareil dont le foyer proprement dit et les rampants avaient leurs tôles recouvertes d'incrustations épaisses.
17 septemb.	Filature, à Saint-Denis-de-Méré (Calvados).	Chaudière locomobile cylindrique, tubulaire horizontale, avec boîte à feu et foyer elliptiques, alimentant une machine de 10 chevaux, et paraissant avoir été construite avant 1865. Achetée d'occasion, elle n'était établie dans la filature que depuis deux mois et n'avait pas subi l'épreuve réglementaire.	Déchirure de la boîte à feu extérieure, dans sa partie elliptique, près de la jonction avec sa face plane d'arrière. Cette déchirure s'est prolongée, obliquement et en pleine tôle, sur le corps cylindrique proprement dit, qu'elle a contourné presque entièrement des deux côtés. La tôle, sur toute la longueur de la déchirure, était oxydée de manière à	Mort du chauffeur et du fils du contre-maître. Blessure grave du fils du propriétaire. Démolition du bâtiment qui contenait la chaudière.	Très-mauvaise qualité du métal, qui présentait de nombreuses criques et gerçures dans les parties embouties, déjà profondément corrodées.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
			ne présenter, en bien des points, que 2 à 3 millim. de métal utile, quand l'épaisseur de construction avait été de 9 millim. Elle était même entièrement perforée dans quelques parties. L'explosion a eu lieu au moment où, après un repos des ouvriers, on allait se remettre en marche.		
27 septemb.	Fabrique de sucre, à Saint-Leu-d'Esserent (Oise).	Chaudière horizontale composée d'une enveloppe cylindrique de $8^m,70$ de longueur, de deux tubes foyers intérieurs de $3^m,25$ de longueur sur $0^m,83$ de diamètre, d'une chambre de combustion elliptique recevant les flammes des deux foyers, d'un faisceau de 153 tubes et d'un dôme de vapeur. Installée en 1863, elle avait été réé-prouvée le 17 juillet 1872. Timbre : 6 atmosph. Le tube foyer était formé de trois viroles de $1^m,10$ de longueur; les bords des viroles étaient reliés en forme de brides qui recevaient la rivure et formaient en même temps une utile armature.	Écrasement et déchirure du ciel de la seconde virole d'un des tubes-foyers, sur une longueur transversale de $0^m,48$. Cette déchirure était accompagnée de plusieurs autres fissures parallèles. L'épaisseur de la tôle était réduite de $15^{mm}\ 1/2$ à $13^{mm}\ 1/2$.	Chauffeur mort à la suite de ses blessures.	Altération de la tôle du foyer au coup de feu. Des réparations faites précédemment à trois foyers semblables auraient dû éveiller l'attention des propriétaires et provoquer de fréquentes et minutieuses visites du quatrième foyer qui, réparé à temps, aurait été mis à l'abri d'un accident.
20 octobre.	Fabrique de sucre, à Wallers (Nord).	Récipient en tôle de fer, de [illegible]	Rupture d'une des faces ver-[illegible]	Trois hommes brûlés par l'eau et la va-[illegible]	Mauvaise disposition de l'appareil qui pouvait être [illegible]

		[illegible] éprouvée en [illegible] pour la pression de 3 atmosph.			
12 septemb.	Bateau-porteur, n° 12, à Mantes (Seine-et-Oise).	Chaudière fonctionnant à basse pression et établie d'après le système dit à lames d'eau. Sa forme extérieure était celle d'un parallélipipède terminé, en haut, par une partie cylindrique. Le fond inférieur était plat : il était relié avec le dôme supérieur à l'aide de deux tirants. Les faces verticales étaient assemblées avec le fond par l'intermédiaire de cornières qui étaient en mauvais état et dont l'épaisseur première avait été réduite au point d'avoir nécessité, en certaines parties, des reprises en couvre-joint. Cette chaudière était ancienne; elle avait été réparée plusieurs fois, notamment en 1868 et en 1874.	Déchirure de la chaudière : latéralement et à l'arrière, sur toute la longueur des angles des cornières; à l'avant, en pleine tôle, légèrement au-dessus de la cornière inférieure. L'explosion a eu lieu au moment où le bateau se remettait en route, après un arrêt de deux heures environ.	Le mécanicien et le chauffeur morts à la suite de blessures. Projection de la chaudière à une assez grande hauteur.	Insuffisance d'entretoisement du fond plat inférieur. Mauvais état des cornières et des tôles qui se sont déchirées. Défaut d'entretien de l'appareil dont le foyer proprement dit et les rampants avaient leurs tôles recouvertes d'incrustations épaisses.
17 septemb.	Filature, à Saint-Denis-de-Méré (Calvados).	Chaudière locomobile cylindrique, tubulaire horizontale, avec boîte à feu et foyer elliptiques, alimentant une machine de 10 chevaux, et paraissant avoir été construite avant 1865. Achetée d'occasion, elle n'était établie dans la filature que depuis deux mois et n'avait pas subi l'épreuve réglementaire.	Déchirure de la boîte à feu extérieure, dans sa partie elliptique, près de la jonction avec sa face plane d'arrière. Cette déchirure s'est prolongée, obliquement et en pleine tôle, sur le corps cylindrique proprement dit, qu'elle a contourné presque entièrement des deux côtés. La tôle, sur toute la longueur de la déchirure, était oxydée de manière à	Mort du chauffeur et du fils du contre-maître. Blessure grave du fils du propriétaire. Démolition du bâtiment qui contenait la chaudière.	Très-mauvaise qualité du métal, qui présentait de nombreuses criques et gerçures dans les parties embouties, déjà profondément corrodées.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
			ne présenter, en bien des points, que 2 à 3 millim. de métal utile, quand l'épaisseur de construction avait été de 9 millim. Elle était même entièrement perforée dans quelques parties. L'explosion a eu lieu au moment où, après un repos des ouvriers, on allait se remettre en marche.		
27 septemb.	Fabrique de sucre, à Saint-Leu-d'Esserent (Oise).	Chaudière horizontale composée d'une enveloppe cylindrique de 8m,70 de longueur, de deux tubes foyers intérieurs de 3m,25 de longueur sur 0m,83 de diamètre, d'une chambre de combustion elliptique recevant les flammes des deux foyers, d'un faisceau de 153 tubes et d'un dôme de vapeur. Installée en 1863, elle avait été rééprouvée le 17 juillet 1872. Timbre : 6 atmosph. Le tube foyer était formé de trois viroles de 1m,10 de longueur; les bords des viroles étaient reliés en forme de brides qui recevaient la rivure et formaient en même temps une utile armature.	Écrasement et déchirure du ciel de la seconde virole d'un des tubes-foyers, sur une longueur transversale de 0m,48. Cette déchirure était accompagnée de plusieurs autres fissures parallèles. L'épaisseur de la tôle était réduite de 15mm 1/2 à 13mm 1/2.	Chauffeur mort à la suite de ses blessures.	Altération de la tôle du foyer au coup de feu. Des réparations faites précédemment à trois foyers semblables auraient dû éveiller l'attention des propriétaires et provoquer de fréquentes et minutieuses visites du quatrième foyer qui, réparé à temps, aurait été mis à l'abri d'un accident.
31 octobre.	Fabrique de sucre, à	Récipient en tôle de fer, de	Rupture d'une des faces	Trois hommes brûlés	Mauvaise disposition de l'appareil qui pouvait être

RÉSUMÉ.

RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

	NOMBRES.	TUÉS.	BLESSÉS.
1° Par nature d'établissements :			
Usine à fer	1	6	»
Filature	1	2	1
Fabriques de sucre	5	3	2
Râperie de betteraves	1	2	3
Blanchisseries	3	3	3
Teintureries	2	»	»
Peignage de laine	1	4	5
Distillerie de grains	1	»	1
Moulins à blé	3	1	4
Exploitations agricoles	2	1	3
Bateau à vapeur et drague	2	4	2
Imprimerie	1	»	4
Papeterie	1	»	1
Usine à chaux hydraulique	1	»	»
Atelier de constructions mécaniques	1	»	2
Totaux	26	26	31
2° Par espèce d'appareils :			
CHAUDIÈRES sans foyer intérieur : horizontales avec ou sans bouilleurs	7	4	8
CHAUDIÈRES sans foyer intérieur : tubulaires avec ou sans bouilleurs	2	3	3
CHAUDIÈRES sans foyer intérieur : verticales chauffées par flammes perdues	1	6	3
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : horizontales	1	1	»
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : de bateaux ou de dragues	2	4	2
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : de locomobiles	5	3	8
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : verticales	2	1	4
RÉCIPIENTS	6	4	6
Totaux	26	26	31
3° D'après les causes :			
CHAUDIÈRES — *Conditions défectueuses de construction :*			
Mauvaises dispositions	3	5	11
Mauvaise qualité du métal	2	2	2
Conditions défectueuses d'entretien :			
Usure	1	»	»
Corrosion extérieure	1	4	5
Mauvais emploi des appareils :			
Manque d'eau	3	1	1
Imprudence ou négligence du chauffeur	4	9	6
Causes restées inconnues	1	1	»
RÉCIPIENTS	6	4	6
Totaux	26	26	31

BULLETIN

DES ACCIDENTS ARRIVÉS DANS L'EMPLOI DES APPAREILS A VAPEUR

PENDANT L'ANNÉE 1876.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était situé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
18 janvier.	Teinturerie, à Roubaix (Nord).	Réchauffeur dépendant, avec un autre semblable, d'un groupe de quatre chaudières à deux bouilleurs. Longueur : 11 mèt.; diamètre : 0m,70; timbre : 5 atm. Mis en service en 1862. Le tuyau d'alimentation pénétrait dans le réchauffeur à la partie supérieure et au milieu de la première virole. Le robinet placé sur ce tuyau présentait une fuite; l'eau s'infiltrait dans le massif et retombait sur le réchauffeur; cette humidité, retenue par les poussières, avait favorisé l'oxydation de la tôle.	Déchirure de la première virole du réchauffeur sur tout son pourtour, près de sa jonction avec la seconde. Irruption d'eau et de vapeur par l'ouverture ainsi produite, et par le tube indicateur en verre d'une des chaudières voisines qui s'était brisé. La tôle de la virole, d'une épaisseur originelle de 9 millim., avait été amincie à la partie supérieure; dans cette région elle avait 4 millim. seulement et 2 millim. auprès de la seconde virole.	Le chauffeur mort à la suite de brûlures. Projection, à une petite distance, de la virole déchirée. Dégâts matériels peu considérables.	Usure d'un réchauffeur exposé à une infiltration d'eau prolongée et défaut de visites sérieuses de l'appareil.
29 janvier.	Teinturerie, à Roubaix (Nord).	Tambour d'une machine à chauffer les cartons pour apprêts. Longueur : 1m,44; diamètre : 0m,70; pression de marche : 4 kilog. Il était formé d'une feuille de cuivre de 0m,003 d'épaisseur, enroulée en cylindre et soudée [illegible]	Détachement du fond d'entrée. On n'a pu déterminer exactement si le plateau trop faible s'est d'abord rompu ou s'il a été détaché tout entier du cylindre auquel il était si mal relié.	Un contre-maître légèrement blessé. Projection du fond d'entrée. Dégâts matériels peu importants.	Défaut de solidité et vices de construction du tambour.

		fond, auxquels elle était fixée par quatre petits rivets et par une frette posée à chaud. L'épaisseur du fond était de 0m,018 au centre et de 0m,015 près de la circonférence. Le fond de sortie portait, pour l'extraction de l'eau de condensation, des conduits venus de fonte avec le plateau, et remplissant le rôle de nervures; mais le plateau d'entrée n'avait aucune nervure et se trouvait d'une épaisseur insuffisante. L'échappement avait lieu à travers un extracteur clos.			
12 février.	Papeterie, à Mazères (Haute-Garonne).	Lessiveur cylindrique, horizontal, en tôle, servant au blanchissage des chiffons et tournant autour d'un axe horizontal. Longueur : 5 mèt.; diamètre : 1m,80; timbre : 3 kil. A l'une de ses extrémités, il portait deux ouvertures diamétralement opposées, de forme elliptique, ayant un grand axe de 0m,55 et un petit axe de 0m,40, fermées par des plaques de tôle maintenues chacune par six boulons de 0m,015 de diamètre. Un des tourillons communiquait avec le tuyau d'échappement de la vapeur habituellement fermé, et sur lequel étaient placés un manomètre et deux soupapes de 0m,07 de diamètre,	Rupture de tous les boulons qui maintenaient les deux plaques de fermeture, et détachement de ces plaques.	Un ouvrier tué et six blessés plus ou moins grièvement. Projection des plaques au loin et du lessiveur à 5 ou 6 mèt. Démolition du bâtiment dans lequel se trouvait ce dernier.	Cause restée inconnue.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		chargées pour la pression de 3 kilog. Ce lessiveur, d'une capacité totale de 12 à 13 mèt. cubes, recevait des chiffons, 600 kil. de chaux vive et de l'eau. Il était disposé dans un four contenant une grille, et était chauffé sur la plus grande partie de sa surface cylindrique.			
17 février.	Corroierie, à Montrouge (Seine).	Tuyau en fer servant au chauffage d'ateliers par la vapeur et fonctionnant depuis deux mois seulement Diamètre interieur: 154 millim. Epaisseur générale : 3 millim. La conduite de chauffage prenait son origine sur le réservoir de vapeur d'un générateur à bouilleur timbré à 6 kilog. Après avoir traversé les ateliers à chauffer, elle redescendait à la chaudière et débouchait dans les bouilleurs. Elle était munie à sa partie supérieure, à l'entrée de l'atelier, d'un robinet d'admission de vapeur, et, à sa partie inférieure, un peu avant l'introduction dans le bouilleur, d'un clapet de retenue, pour empêcher l'eau [illegible] chaudière de [illegible] par aspiration	Déchirure du tuyau à la soudure, près d'un point où il était brusquement étranglé, au voisinage de son raccordement avec un autre tuyau d'une section presque dix fois moindre. Irruption d'eau bouillante et de vapeur, par l'ouverture ainsi produite.	Deux ouvriers brûlés, dont un mortellement.	Imprudence d'un ouvrier (celui qui a succombé à ses brûlures) qui, après avoir fermé le robinet d'admission de vapeur, qu'il n'était pas chargé de manœuvrer, l'a rouvert brusquement. Comme le clapet de retenue fonctionnait mal, l'eau, pendant la fermeture de l'admission, était montée dans la conduite ; de sorte que, lorsque la vapeur a afflué du côté opposé, elle a refoulé vivement la colonne d'eau, et il en est résulté un violent coup de bélier.

13 mars.	Fabrique de bijoux d'acier poli, à Sens (Yonne).	Chaudière du système Belleville, timbrée à 5 atm. et comprenant 64 tubes en tôle, fermés à chaque extrémité par des rondelles en fonte réunies deux à deux par un boulon à écrou. Les orifices des tubes avaient 67 mill. de diamètre, et les boulons 17 millim.	Rupture d'un boulon de l'obturateur d'un des tubes, pendant que le chauffeur augmentait le serrage de la rondelle correspondante. Irruption d'eau et de vapeur dans le local de la chaudière.	Le chauffeur et quatre ouvriers grièvement brûlés, dont un mortellement.	Fissure transversale existant dans le boulon rompu, et imprudence du chauffeur qui, ayant voulu augmenter le serrage pendant la marche de la chaudière, a provoqué la rupture dudit boulon.
14 mars.	Tissage, à Rouen (Seine-Inférieure).	Chaudière horizontale, cylindrique, munie de trois bouilleurs, et timbrée à 6 ,5. Diamètre des bouilleurs, 0m,55. Epaisseur normale, 9 millim.	Déchirure du bouilleur du milieu, en pleine tole du coup de feu, suivant une ligne sinueuse qui embrassait la largeur de la virole inférieure, et se fermait sur une des rivures longitudinales médianes. Irruption de vapeur par l'ouverture ainsi produite.	Aide-chauffeur mort à la suite de brûlures. Dégâts matériels nuls.	Manque d'eau, qui a eu pour résultat de permettre à la tôle située immédiament au-dessus du foyer de rougir et de céder sous la pression de la vapeur renfermée dans la chaudière.
23 mars	Fabrique de draps à Elbeuf (Seine-Inférieure.	Chaudière horizontale, cylindrique, munie en contre-bas de deux bouilleurs et d'un réchauffeur. Le chauffage était à flamme renversée; la grille sous le corps principal.	Rupture du corps principal: la virole située au droit de l'autel et la suivante se sont déchirées longitudinalement et transversalement en pleine tôle, la dernière sur toute sa périphérie, de sorte que la chaudière a été divisée en deux tronçons. Irruption de vapeur.	Deux chauffeurs et quatre ouvriers tués ou morts des suites de leurs brûlures ou blessures, les premiers atteints par la vapeur, les seconds précipités d'un séchoir, sur le fourneau de la chaudière. Projection des deux tronçons de celle-ci à une distance de 3 met. l'un de l'autre. Renversement des deux bouilleurs. Effondrement de deux étages de séchoirs, établis au-dessus du local de la chaudière.	Alimentation sur les parois à haute température du corps principal qui était vide d'eau.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
29 mars.	Teinturerie. à Suresnes (Seine).	Chaudière horizontale, cylindrique, à deux bouilleurs et à réchauffeur latéral, établie en 1868, et marchant à une pression de 6 kil. effectifs. Diamètre des bouilleurs : $0^m,75$; épaisseur : 11 millim.	Déchirure d'un des bouilleurs, en pleine tôle, dans la partie inférieure de la feuille du coup de feu, sur une longueur de $1^m,75$. La partie déformée montrait, en son milieu, une boursouflure très-apparente, et, sur toute sa surface, la coloration particulière résulant habituellement du suréchauffement.	Dégâts matériels sans importance.	Concours de circonstances qui n'ont pas été déterminées, à l'exception d'une seule, la mauvaise conduite du feu.
8 avril.	Fabrique d'engrais, à Aubervilliers (Seine).	Récipient cylindrique, horizontal, en tôle, servant à la cuisson de matières animales, telles que cornes et vieux cuirs. Diamètre, $0^m,97$. Il empruntait la vapeur nécessaire à l'opération à une chaudière timbrée à 7 kilog., et portait un robinet d'échappement et un manomètre, mais pas de soupape de sûreté. Son couvercle, en tôle et mobile, de 10 à 12 millim. d'épaisseur, était très-peu bombé. Il était terminé à sa circonférence par des encoches, au nombre de 20, où s'engageaient autant de boulons, à charnière et à écrou, servant à le fixer sur le cylindre, et n'était consolidé par	Arrachement du couvercle qui a été trouvé déformé de dedans en dehors, et criqué à l'emboutissage sur une partie de son épaisseur et sur une longueur de $0^m,20$.	Projection du couvercle à distance. Dégâts matériels peu importants.	Défaut de premier établissement. Appareil d'une faible résistance, pouvant être exposé à une pression à laquelle il n'était pas capable de résister.

12 avril.	Chaland du port de Marseille (Bouches-du-Rhône).	Chaudière dite de treuil, en tôle de fer, renfermant un foyer horizontal, en tôle d'acier; les gaz chauds revenaient en avant par une série de 48 tubes; de là ils gagnaient la cheminée. Les faces latérales de la chaudière n'étaient pas suffisamment armées à leur partie inférieure. A la pression de 4 kilog., l'enveloppe, formée d'un tôle de 14 millim. d'épaisseur, supportait un effort qui devait etre supérieur à 12 kilog. par millimètre carré. Réparée en 1874, cette chaudière n'avait pas été éprouvée de nouveau.	Rupture violente de l'enveloppe de la chaudière en plusieurs fragments. L'explosion s'est produite à un moment où l'on avait commencé à chauffer la chaudière, en attendant l'ajustage des tuyaux de vapeur qui devaient la relier à la machine du treuil de l'*Eridan*, bâtiment auprès duquel elle avait été amenée sur un chaland. Le chauffeur était alors, depuis dix minutes, à bord de l'*Eridan* où il prenait son repas.	Projection, d'une part, de trois principaux fragments de la chaudière, qui ont disparu sous l'eau avec le chaland; d'autre part, des fragments de moindre importance, à de grandes distances. Enfoncement et déchirure de la paroi de l'*Eridan* sur une longueur de $2^m,50$.	Insuffisance des armatures et médiocre qualité de la tôle. Si la chaudière avait été éprouvée en 1874, après l'importante réparation qu'elle venait de subir, il est probable que ces défauts avaient été mis en évidence.
29 avril.	Chemin de fer d'Orléans, entre Monnerville et Etampes (Seine-et-Oise).	Chaudière d'une locomotive faisant le service des marchandises. Timbre: $7^k,5$. Elle avait été réé-prouvée le 13 juillet 1873, à la suite du remplacement de sa plaque tubulaire d'avant dans les ateliers de la compagnie. La tôle dont elle était formée avait été fabriquée en 1856.	Rupture de la tôle supérieure de la virole joignant l'enveloppe du foyer. Cette tôle s'est fendue le long d'une génératrice, au droit du recouvrement de la tôle inférieure, puis s'est déchirée le long des coutures transversales, seule d'abord, ensuite avec les tôles auxquelles elle était reliée. Aucun rivet ne s'est rompu. Les entretoises, qui rattachaient l'arrière de la virole à la paroi d'avant du foyer, ont été brisées, mais le foyer n'a pas été déformé, non plus que	Renversement, sur le côté gauche de la chaudière, de la partie supérieure de la virole rompue. Le mécanicien et le chauffeur, renversés par la commotion, ont été très-légèrement blessés par les éclats des vitres de la marquise.	Mauvaise qualité de la tôle, affaiblie encore par une perte d'eau.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
29 mars.	Teinturerie, à Suresnes (Seine).	Chaudière horizontale, cylindrique, à deux bouilleurs et à réchauffeur latéral, établie en 1868, et marchant à une pression de 6 kil. effectifs. Diamètre des bouilleurs : $0^m,75$; épaisseur : 11 millim.	Déchirure d'un des bouilleurs, en pleine tôle, dans la partie inférieure de la feuille du coup de feu, sur une longueur de $1^m,75$. La partie déformée montrait, en son milieu, une boursouflure très-apparente, et, sur toute sa surface, la coloration particulière résultant habituellement du suréchauffement.	Dégâts matériels sans importance.	Concours de circonstances qui n'ont pas été déterminées, à l'exception d'une seule, la mauvaise conduite du feu.
8 avril.	Fabrique d'engrais, à Aubervilliers (Seine).	Récipient cylindrique, horizontal, en tôle, servant à la cuisson de matières animales, telles que cornes et vieux cuirs. Diamètre, $0^m,97$. Il empruntait la vapeur nécessaire à l'opération à une chaudière timbrée à 7 kilog., et portait un robinet d'échappement et un manomètre, mais pas de soupape de sûreté. Son couvercle, en tôle et mobile, de 10 à 12 millim. d'épaisseur, était très-peu bombé. Il était terminé à sa circonférence par des encoches, au nombre de 20, où s'engageaient autant de boulons, à charnière et à écrou, servant à le fixer sur le cylindre, et n'était consolidé par	Arrachement du couvercle qui a été trouvé déformé de dedans en dehors, et criqué à l'emboutissage sur une partie de son épaisseur et sur une longueur de $0^m,20$.	Projection du couvercle à distance. Dégâts matériels peu importants.	Défaut de premier établissement. Appareil d'une faible résistance, pouvant être exposé à une pression à laquelle il n'était pas capable de résister.

		mais il n'a pas été prouvé que ce fut celui qui a fait explosion.	[illegible]		
12 avril.	Chaland du port de Marseille (Bouches-du-Rhône).	Chaudière dite de treuil, en tôle de fer, renfermant un foyer horizontal, en tôle d'acier; les gaz chauds revenaient en avant par une série de 48 tubes; de là ils gagnaient la cheminée. Les faces latérales de la chaudière n'étaient pas suffisamment armées à leur partie inférieure. A la pression de 4 kilog., l'enveloppe, formée d'un tôle de 14 millim. d'épaisseur, supportait un effort qui devait etre supérieur à 12 kilog. par millimètre carré. Réparée en 1874, cette chaudière n'avait pas été éprouvée de nouveau.	Rupture violente de l'enveloppe de la chaudière en plusieurs fragments. L'explosion s'est produite à un moment où l'on avait commencé à chauffer la chaudière, en attendant l'ajustage des tuyaux de vapeur qui devaient la relier à la machine du treuil de l'*Eridan*, bâtiment auprès duquel elle avait été amenée sur un chaland. Le chauffeur était alors, depuis dix minutes, à bord de l'*Eridan* où il prenait son repas.	Projection, d'une part, de trois principaux fragments de la chaudière, qui ont disparu sous l'eau avec le chaland; d'autre part, des fragments de moindre importance, à de grandes distances. Enfoncement et déchirure de la paroi de l'*Eridan* sur une longueur de 2m,50.	Insuffisance des armatures et médiocre qualité de la tôle. Si la chaudière avait été éprouvée en 1874, après l'importante réparation qu'elle venait de subir, il est probable que ces défauts avaient été mis en évidence.
29 avril.	Chemin de fer d'Orléans, entre Monnerville et Etampes (Seine-et-Oise).	Chaudière d'une locomotive faisant le service des marchandises. Timbre : 7k,5. Elle avait été réé-prouvée le 13 juillet 1873, à la suite du remplacement de sa plaque tubulaire d'avant dans les ateliers de la compagnie. La tôle dont elle était formée avait été fabriquée en 1856.	Rupture de la tôle supérieure de la virole joignant l'enveloppe du foyer. Cette tôle s'est fendue le long d'une génératrice, au droit du recouvrement de la tôle inférieure, puis s'est déchirée le long des coutures transversales, seule d'abord, ensuite avec les tôles auxquelles elle était reliée. Aucun rivet ne s'est rompu. Les entretoises, qui rattachaient l'arrière de la virole à la paroi d'avant du foyer, ont été brisées, mais le foyer n'a pas été déformé, non plus que	Renversement, sur le côté gauche de la chaudière, de la partie supérieure de la virole rompue. Le mécanicien et le chauffeur, renversés par la commotion, ont été très - légèrement blessés par les éclats des vitres de la marquise.	Mauvaise qualité de la tôle, affaiblie encore par une perte d'eau.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		étaient rivées et filetées, mais leurs filets n'étaient pas en prise, au moins pour la plupart d'entre elles, et elles n'étaient retenues que par le recouvrement des têtes, qui n'avait que 2 millim. de largeur, et dont l'épaisseur était très-faible. La tôle, composée dans son épaisseur de trois tranches distinctes, l'une médiane, à texture fibreuse, les deux autres, cristallines et à facettes brillantes, avait été mal soudée au laminage. Cette chaudière, d'origne anglaise, avait été déclarée en 1868, éprouvée une première fois cette même année, et une deuxième fois en 1871, à la suite de réparations. La date de sa construction est inconnue.	suivait la ligne des rivets d'avant; la troisième, en pleine tôle, qui coupait diagonalement la face antérieure, rejoignait en haut le bâti de la machine, et redescendait, en traversant le trou d'homme, jusqu'à la partie inférieure de la face latérale de gauche. Quand elle a éclaté, la chaudière venait d'être mise en feu, après un chômage de plusieurs mois, et n'avait, pour ainsi dire, encore marché que pour le règlement de la machine et l'installation des courroies.	riels considérables.	
7 juillet.	Bateau « la Franche-Comté », au port de Bône (Algérie).	Chaudière de treuil, composée d'un cylindre horizontal ayant pour section une ellipse, dont le petit axe horizontal avait une longueur de 1m,286. Elle était traversée par un foyer [illegible]	Déchirure de la tôle de base de la chaudière, sous le cendrier, sur une longueur de 2 mèt. Irruption d'eau bouillante et de vapour. La tôle déchirée présentait une altération remarquable; [illegible]	Quatre hommes brûlés par l'eau bouillante et la vapeur, dont deux mortellement.	Diminution d'épaisseur de la tôle du fond, corrodée par les résidus d'une vidange incomplète. L'explosion eût été évitée si la chaudière avait été rééprouvée depuis 1870, ainsi que la prudence le commandait.

		[illegible] timbre de [illegible] atmosph. cette chaudière avait subi d'importantes réparations, à la suite desquelles elle avait été réé-prouvée et timbrée à 3 kilog. le 11 mars 1870.	[illegible] intérieure, [illegible] elle était réduite à 3 et même à 1 mill.		
29 juillet.	Filature de coton, à Bar-le-Duc (Meuse).	Chaudière horizontale, composée d'un corps cylindrique et de trois bouilleurs réchauffeurs superposés latéralement. Date de la construction: 1852. Installée en janvier 1853, la chaudière n'avait pas été éprouvée depuis cette époque. L'eau d'alimentation arrivait dans la partie la plus basse, c'est-à-dire à l'avant du bouilleur inférieur, et circulait en sens inverse des produits de la combustion.	Déchirure de la première virole du bouilleur inférieur, sur une longueur de 0m,66, et détachement, sur cette longueur, d'un morceau de tôle d'une largeur de 0m,30. Irruption d'eau bouillante. L'épaisseur de la tôle, de 7 à 8 millim. à l'origine, était réduite à 1 millim. en certains points.	Démolition d'une faible partie du fourneau et projection de la houille du foyer. Dégâts matériels insignifiants.	Corrosion du métal par la condensation de vapeur d'eau mélangée d'acide sulfureux.
		(Voir une note sur cet accident, *suprà*, p. 216.)			
10 août.	Exploitation agricole, à Noirterre (Deux-Sèvres).	Chaudière cylindrique tubulaire, appartenant à une locomobile destinée au battage des grains. Timbre: 5 atmosph. Date de l'autorisation: 12 août 1854.	Rupture de la chaudière en un grand nombre de fragments. L'explosion a eu lieu pendant un arrêt de la machine.	Deux hommes tués et douze personnes blessées, dont deux grièvement. Projection, à de grandes distances et dans toutes les directions, des fragments de la chaudière et des pièces de la machine.	Calage des soupapes de la chaudière.
14 août.	Brasserie, à Châlon-sur-Saône (Saône-et-Loire).	Chaudière horizontale, cylindrique, à foyer intérieur, destinée à la mise en jeu d'un moulin et construite en 1871. Capacité: $2^{m3},600$. Surface de	Déchirure du foyer intérieur à la tôle du coup de feu. Cette tôle s'est d'abord déformée sur une longueur de 1 mèt., puis déchirée transversalement, en son	Mécanicien mort à la suite de brûlures. Dégâts matériels insignifiants.	Défaut d'alimentation de la chaudière.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		chauffe : $9^{m2},80$. Timbre : 5 kilog.	milieu, sur une longueur de $0^m,50$. Irruption de vapeur par l'ouverture ainsi produite.		
23 août.	Fabrique d'extraits de teinture, à Graville-Sainte-Honorine (Seine-Inférieure).	Chaudière cylindrique, horizontale, à trois bouilleurs et deux réchauffeurs latéraux superposés. Timbre : 6 kilog. Diamètre des réchauffeurs : $0^m,65$; date de leur construction : 1872. Cette chaudière, chauffée par les détritus des bois de teinture, était alimentée à l'aide d'eaux acides provenant, partie d'un bassin où elles sont saumâtres, partie de la condensation des vapeurs qui résultaient de la concentration des produits tinctoriaux. Celles-ci étaient préalablement neutralisées par la chaux, mais d'une manière imparfaite, et conservaient, en proportions assez sensibles, des acides végétaux, et notamment de l'acide acétique.	Déchirure du réchauffeur inférieur, à la virole d'avant, en face de l'orifice du tuyau d'alimentation, suivant la génératrice supérieure, et sur une longueur de $2^m,20$. Le développement de la tôle a provoqué une deuxième ligne de fracture, perpendiculaire à la première, suivant la clouure. L'épaisseur du métal, normalement de 9 à 10 millim., était notablement réduite sur les lèvres de la déchirure et dans leur voisinage ; elle descendait jusqu'à $^1/_2$ millimètre.	Trois ouvriers tués ou morts des suites de leurs blessures, et un quatrième grièvement blessé. Projection, d'une part, du réchauffeur qui a éclaté, sur la toiture d'un atelier, qu'il a écrasée ; d'autre part, du second réchauffeur, à peu de distance, à côté des décombres du fourneau. Dégâts matériels considérables.	Inattention dans la surveillance et dans l'entretien de la chaudière ; inattention d'autant plus répréhensible que la nature corrosive des eaux d'alimentation s'était déjà manifestée par la détérioration d'un appareil voisin.
1er septemb.	Moulin à tan, à Dormans (Marne).	Chaudière cylindrique, horizontale, munie d'un seul bouilleur, alimentant une machine de 4 chevaux et [illegible]	Déchirure du bouilleur à la virole du coup de feu, à peu près suivant la génératrice inférieure, sur une longueur [illegible]	Rupture de la devanture en fonte du fourneau.	Bien que la conduite de l'alimentation et du feu ait pu laisser à désirer, la cause immédiate et directe de l'accident n'a [illegible]

14 septemb.	Bonneterie, à Troyes (Aube).	Petite chaudière en cuivre, d'environ 2 millim. d'épaisseur, ayant la forme d'une couronne cylindrique verticale, et destinée à produire la vapeur pour un coffre à apprêt. Hauteur : 0m,35; diamètre intérieur : 0m,32; diamètre extérieur : 0m,12; capacité : 20 litres environ. Cet appareil était chauffé par un foyer mobile sur lequel on le plaçait, de telle manière que le vide cylindrique qui existait en son milieu servait de base à une cheminée en tôle. Il n'était muni ni de manomètre, ni de tube indicateur, ni de soupape de sureté. Un bouchon en bois, plus ou moins enfoncé, sautait en laissant la vapeur s'échapper, lorsque la pression devenait trop forte.	Arrachement de la couronne supérieure suivant la soudure. L'explosion a eu lieu un peu avant l'arrivée des ouvriers. Le bouchon n'avait pas fonctionné.	Pas de blessures sensibles. Le fond supérieur a été lancé au plafond du local où l'appareil était installé.	Excès de pression, conséquence de l'emploi d'un bouchon, pour faire office de soupape de sûreté.
19 septemb.	Atelier de forgeron, à Paris.	Chaudière horizontale, composée d'un corps cylindrique traversé par 15 tubes en cuivre jaune, et de deux bouilleurs en contre-bas. Timbre : 6 kil.; longueur du corps cylindrique : 3m,07; diamètre : 1m,05; diamètre des tubes : 0m,10; épaisseur : 3mm,4; date de la construction : 1873. La flamme chauffait d'abord les bouilleurs, parcourait les tubes, et arrivait à la cheminée en	Ecrasement et déchirure de trois tubes de la chaudière. Irruption de vapeur par l'ouverture qui en est résultée.	Chauffeur légèrement brûlé.	Négligence du chauffeur, qui n'a pas alimenté la chaudière en temps opportun.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		suivant les flancs du corps cylindrique.			
1er octobre.	Minoterie, à Pontoise (Seine-et-Oise).	Chaudière horizontale, cylindrique, à deux bouilleurs, en service depuis 1865, et ne fonctionnant que d'une manière intermittente. Timbre : 6 atm.; longueur du corps cylindrique : $9^m,80$; diamètre : $1^m,10$; longueur des bouilleurs : $11^m,50$; diamètre : $0^m,70$; épaisseur : 10 mill. L'alimentation de la chaudière se faisait uniquement à l'aide de la pompe alimentaire de la machine motrice, qui fournissait 5 litres d'eau quand la machine en dépensait 4, ce qui exigeait un jeu presque continuel de la pompe, et entraînait l'impossibilité de regagner rapidement le niveau quand il s'abaissait.	Déchirure du bouilleur de gauche, au milieu d'une feuille inférieure, au-dessus de la grille, sur une longueur de $1^m,10$, et une largeur de $0^m,13$ à $0^m,15$. Irruption de vapeur par l'ouverture ainsi produite.	Chauffeur grièvement brûlé. Dégâts matériels peu importants.	Altération de la tôle du bouilleur au coup de feu, jointe à un défaut d'alimentation provenant, à la fois, de la négligence du chauffeur, et de l'insuffisance des moyens dont il disposait pour maintenir le niveau de l'eau.
16 octobre.	Minoterie, à Châtillon-sur-Seiche (Ille-et-Vilaine).	Chaudière composée d'un corps cylindrique à fonds hémisphériques, et de deux bouilleurs. Longueur du corps cylindrique : $5^m,90$; diamètre : $0^m,80$; longueur des bouilleurs : $5^m,90$; dia- [illegible]	Rupture du corps cylindrique en plusieurs fragments, et du bouilleur de gauche en deux parties. Irruption d'eau et de vapeur. La feuille de tôle du corps cylindrique qui recevait le tuyau d'alimentation, et le fond opposé au foyer pré- [illegible]	Projection : 1° des extrémités du corps cylindrique, l'une à 26 mèt. en avant du foyer, obliquant à droite, l'autre à 50 mèt., dans la direction exactement opposée, faisant [illegible]	Corrosion de la tôle par l'humidité qui pénétrait dans les carneaux, au voisinage de l'arrivée de l'eau d'alimentation. Cette usure progressive aurait été reconnue, avant d'atteindre une proportion dangereuse, si la chaudière avait été visitée [illegible]

14 septemb.	Bonneterie, à Troyes (Aube).	Petite chaudière en cuivre, d'environ 2 millim. d'épaisseur, ayant la forme d'une couronne cylindrique verticale, et destinée à produire la vapeur pour un coffre à apprêt. Hauteur : 0m,35 ; diamètre intérieur : 0m,32 ; diamètre extérieur : 0m,12 ; capacité : 20 litres environ. Cet appareil était chauffé par un foyer mobile sur lequel on le plaçait, de telle manière que le vide cylindrique qui existait en son milieu servait de base à une cheminée en tôle. Il n'était muni ni de manomètre, ni de tube indicateur, ni de soupape de sureté. Un bouchon en bois, plus ou moins enfoncé, sautait en laissant la vapeur s'échapper, lorsque la pression devenait trop forte.	Arrachement de la couronne supérieure suivant la soudure. L'explosion a eu lieu un peu avant l'arrivée des ouvriers. Le bouchon n'avait pas fonctionné.	Pas de blessures sensibles. Le fond supérieur a été lancé au plafond du local où l'appareil était installé.	Excès de pression, conséquence de l'emploi d'un bouchon, pour faire office de soupape de sûreté.
19 septemb.	Atelier de forgeron, à Paris.	Chaudière horizontale, composée d'un corps cylindrique traversé par 15 tubes en cuivre jaune, et de deux bouilleurs en contre-bas. Timbre : 6 kil. ; longueur du corps cylindrique : 3m,07 ; diamètre : 1m,05 ; diamètre des tubes : 0m,10 ; épaisseur : 3mm,4 ; date de la construction : 1873. La flamme chauffait d'abord les bouilleurs, parcourait les tubes, et arrivait à la cheminée en	Ecrasement et déchirure de trois tubes de la chaudière. Irruption de vapeur par l'ouverture qui en est résultée.	Chauffeur légèrement brûlé.	Négligence du chauffeur, qui n'a pas alimenté la chaudière en temps opportun.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		suivant les flancs du corps cylindrique.			
1er octobre.	Minoterie, à Pontoise (Seine-et-Oise).	Chaudière horizontale, cylindrique, à deux bouilleurs, en service depuis 1865, et ne fonctionnant que d'une manière intermittente. Timbre : 6 atm.; longueur du corps cylindrique : 9m,80; diamètre : 1m,10; longueur des bouilleurs : 11m,50; diamètre : 0m,70; épaisseur : 10 mill. L'alimentation de la chaudière se faisait uniquement à l'aide de la pompe alimentaire de la machine motrice, qui fournissait 5 litres d'eau quand la machine en dépensait 4, ce qui exigeait un jeu presque continuel de la pompe, et entraînait l'impossibilité de regagner rapidement le niveau quand il s'abaissait.	Déchirure du bouilleur de gauche, au milieu d'une feuille inférieure, au-dessus de la grille, sur une longueur de 1m,10, et une largeur de 0m,13 à 0m,15. Irruption de vapeur par l'ouverture ainsi produite.	Chauffeur grièvement brûlé. Dégâts matériels peu importants.	Altération de la tôle du bouilleur au coup de feu, jointe à un défaut d'alimentation provenant, à la fois, de la négligence du chauffeur, et de l'insuffisance des moyens dont il disposait pour maintenir le niveau de l'eau.
16 octobre.	Minoterie, à Châtillon-sur-Seiche (Ille-et-Vilaine).	Chaudière composée d'un corps cylindrique à fonds hémisphériques, et de deux bouilleurs. Longueur du corps cylindrique : 5m,90; diamètre : 0m,80; longueur des bouilleurs : 5m,90; diamètre : 0m,50. Elle avait [illegible]	Rupture du corps cylindrique en plusieurs fragments, et du bouilleur de gauche en deux parties. Irruption d'eau et de vapeur. La feuille de tôle du corps cylindrique qui recevait le tuyau d'alimentation, et le fond opposé au foyer pré-[illegible]	Projection : 1° des extrémités du corps cylindrique, l'une à 26 mèt. en avant du foyer, obliquant à droite, l'autre à 50 mèt., dans la direction exactement opposée, faisant avec l'axe un angle [illegible]	Corrosion de la tôle par l'humidité qui pénétrait dans les carneaux, au voisinage de l'arrivée de l'eau d'alimentation. Cette usure progressive aurait été reconnue, avant d'atteindre une proportion dangereuse, si la chaudière avait été visitée [illegible]

		[illegible] atmosph., et autorisée le 14 septembre de la même année.	[illegible] millim.	[illegible] tres fragments à des distances encore plus grandes; 3° d'une des parties du bouilleur de gauche dans une direction latérale. Renversement du bouilleur de droite hors du massif. Dégâts matériels considérables.	
29 octobre.	Chantier de battage de pieux, au pont de Tonnay-Boutonne (Charente-Inférieure).	Chaudière de locomobile, cylindrique, horizontale, à foyer intérieur. Longueur: 3m,05. Le corps principal était formé de deux parties de diamètres différents (0m,67 et 0m,45), raccordées entre elles par une partie conique. Le foyer intérieur avait un diamètre de 0m,25. Cette chaudière existait déjà en 1859, et avait été réparée et éprouvée en 1875.	Déchirure au ciel du tube intérieur, à 2m,50 du foyer. Irruption de vapeur. L'épaisseur de la tôle, normalement de 6 millim., était réduite à 3 millim., sur les lèvres de la déchirure. Au moment de l'explosion, la chaudière était encore dans la période de chauffe.	Mécanicien légèrement brûlé. Projection de quelques pièces de l'appareil.	Manque d'eau dans la chaudière. L'explosion aurait sans doute été évitée si le niveau de l'eau avait pu être constamment en vue du mécanicien, c'est-à-dire si la chaudière avait été munie d'un tube indicateur en verre.
9 novemb.	Charcuterie, à Paris.	Chaudière verticale, composée d'un corps cylindrique et d'un foyer intérieur, au ciel duquel étaient adaptés 27 bouilleurs cylindriques, verticaux, en fer, de 60 mill. de diamètre, système Field. Timbre: 7 kilog. Les tubes, démontés pour faciliter le transport de la chaudière, avaient été remis en place au moment de l'installation de cette dernière; cinq ou six d'entre eux, au lieu de dépasser de 8 à 12 millim. le niveau	Arrachement d'un des tubes Field. Irruption d'eau bouillante par l'orifice ainsi ouvert. L'accident s'est produit un peu avant une reprise de travail, à un moment où, voyant que le manomètre marquait 3 k., l'ouvrier chargé de préparer la chaudière ravivait le feu.	Un ouvrier mort à la suite de brûlures.	Défaut d'ajustage du tube bouilleur échappé, fait qui démontre la nécessité d'une épreuve, après la pose des tubes du système Field.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
		de la plaque tubulaire, ne la dépassaient que de 4 à 5 millim. ou n'affleuraient pas. L'épreuve n'avait pas été renouvelée après ce travail. La chaudière fonctionnait depuis huit jours seulement.			
15 novemb.	Battage public de grains, à Labergement-lès-Auxonne (Côte-d'Or).	Chaudière horizontale, composée d'un corps cylindrique, d'un bouilleur et d'un réservoir de vapeur, destinée à alimenter le moteur d'une machine à battre. Elle avait été éprouvée, le 30 mars 1865, pour la pression de 6 atmosph. Longueur du corps cylindrique, 3 mèt.; diamètre : $0^m,90$; longueur du bouilleur : $3^m,20$; diamètre : $0^m,50$; capacité totale : $2^{m3},663$; épaisseur : 9 millim.	Déchirure de la calotte postérieure du corps cylindrique, sur toute la circonférence, au voisinage du pli de l'emboutissage. La cassure était fraîche sur toute la circonférence, à l'exception d'une zone de 10 centim. de longueur, située à la partie inférieure, et portant des traces d'oxydation. En ce point, le métal présentait une épaisseur de 8 millim.	Projection de la calotte déchirée, à travers la toiture du local, et déplacement du reste de la chaudière. Dégâts matériels peu importants.	Fissure causée par l'aigreur du métal, à la circonférence du fond embouti, et qui s'est accrue progressivement. L'épreuve de la chaudière remontait à onze ans; si cette opération avait été renouvelée, le défaut aurait probablement été mis en évidence; on aurait aussi reconnu celui-ci par une visite complète de la chaudière dégagée de sa maçonnerie, ainsi que le pratiquent les associations de propriétaires d'appareils à vapeur.
17 novemb.	Papeterie, à Estrablin (Isère).	Cylindre lessiveur rotatif, horizontal, avec bouts hémisphériques. Diamètre : $1^m,60$; longueur totale : 4 mèt.; capacité : $6^{m3},983$; épaisseur de la tôle : 8 millim. Construit et mis en service depuis une vingtaine d'années, il portait un timbre de 3 atmosphères absolues, [illegible]	Déchirure des deux calottes sphériques, suivant une ligne à peu près normale au corps cylindrique, et distante d'un centimètre ou deux des rivures. Rupture du corps cylindrique en trois fragments à peu près égaux, suivant des génératrices. L'une des lignes de rupture passait [illegible]	Projection de quatre des fragments du lessiveur, à travers deux étages supérieurs, à une hauteur de 15 mèt. environ, et à une distance d'une vingtaine de mètres. Dégâts matériels considérables.	Cause indéterminée. Toutefois il y a lieu de croire que, le lessiveur étant alimenté par une chaudière timbrée à 6 kilog., la vapeur, dans ce lessiveur, aura été portée accidentellement à une pression supérieure à la pression habituelle de marche. Cet excès de pression, se combinant [illegible]

		[illegible] soir, avant le dép[illegible] ouvriers, et on le laissait fonctionner ensuite toute la nuit. Il n'était alors surveillé que par le chauffeur de la chaudière et par le contre-maître, qui allait le visiter, à des heures irrégulières, une ou deux fois pendant la nuit.	[illegible] n'avait été brisé que suivant cette ligne. L'explosion s'est produite à 4h 30m du matin.		[illegible] du long usage de l'appareil, aura déterminé l'explosion.
18 novemb.	Féculerie, à Saint-Nabord (Vosges).	Chaudière verticale, à foyer intérieur traversé par trois bouilleurs, système Hermann - Lachapelle. Hauteur: 1m,80; diamètre: 1m,10; timbre: 6k,500. La cheminée, verticale, prenait naissance sur le ciel du foyer; elle n'était pas placée au centre, afin de ne pas rencontrer l'arbre de la machine, qui passait horizontalement au-dessus de la chaudière; elle consistait en un tuyau cylindrique, en tôle forte jusqu'au sommet de la chaudière, en tôle mince au delà.	Déchirure du ciel du foyer, suivant un diamètre tangent à la cheminée, et arrachement de la rivure de jonction avec la base de cette dernière. La déchirure se continuait sur une partie de la circonférence, et toute cette surface de tôle avait été repliée de haut en bas. Cette pièce avait une épaisseur régulière de 7 millim.	Projection de la chaudière tout entière à travers le toit du local; elle est retombée à une distance de 50 mèt. environ. Dégâts matériels.	Vice de construction, et négligence du chauffeur, qui a laissé la chaudière manquer d'eau. Au retour de l'alimentation, le ciel du foyer offrant une surface plane étendue, de peu d'épaisseur, et non armée, a dû subir une brusque contraction qui, aidée de la pression de la vapeur, a déterminé sa rupture. La chaudière présentait une disposition vicieuse, qui a été mise en évidence par la négligence du chauffeur.
12 décemb.	Gare de Loos, près Lille (Nord).	Chaudière d'une locomotive à marchandises, à 6 roues couplées, construite en Belgique. Le corps cylindrique était formé de trois viroles de 1m,325 de diamètre et 1m,148 de largeur. Chaque virole était composée de deux feuilles de tôle réunies par un seul rang de rivets. Épaisseur de la tôle : 13 millim.; timbre : 9 kilog. Cinq mois de service; parcours : 14.760 kil.	La machine se mettait en marche pour une manœuvre, quand la chaudière a éclaté. La pression ne dépassait pas 8 kilog. Le corps cylindrique a été divisé en nombreux fragments; l'un d'eux, pesant 150 kilog., a été lancé à droite, et a causé quelques dégâts à une maison située à 200 mèt. La plupart des autres ont été lancés à gauche, à une distance moindre. La machine s'est	Chauffeur légèrement contusionné. Rupture de rails et de fils télégraphiques. Dégâts matériels extérieurs sans importance.	Mauvaise qualité et mauvais travail du métal formant l'enveloppe extérieure de la chaudière. A l'essai, les tôles ont donné une résistance de 30 kilog. au plus à la rupture, et un allongement préalable de 2 à 4 p. 100. Cette dernière circonstance indique un métal aigu et cassant, impropre à la construction des chaudières. Déjà un grand nombre de ma-

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		Elle a toujours été très-bien tenue par le personnel qui en était chargé.	renversée sur le côté droit.		chines de la même provenance avaient été mises en réparation à la suite de fissures et d'autres défauts du métal. Le travail de chaudronnerie était mal fait; les trous de rivets ne se correspondaient pas exactement. L'assemblage du corps cylindrique et de la plaque tubulaire de boîte à fumée était formé par une cornière; en cette partie, les rivets étaient trop faibles pour les épaisseurs des tôles.
13 décemb.	Scierie de bois (fabrique de coins), à Dijon (Côte-d'Or).	Chaudière horizontale, composée d'un corps cylindrique avec dôme de vapeur, et de deux bouilleurs. Longueur du corps cylindrique : 4m,30; diamètre : 0m,64; longueur des bouilleurs : 4m,90; diamètre : 0m,50; timbre : 6 kilog. Éprouvée pour la dernière fois le 15 septembre 1875.	Rupture du bouilleur de gauche, sur 2 mètres de longueur, avec évasement de l'un des bords, et petite déchirure transversale à l'extrémité de la fente, pour l'autre bord; la fente était, d'ailleurs, disposée sensiblement sur la génératrice inférieure. Dégagement de vapeur.	Chauffeur légèrement brûlé. Projection de la chaudière, dans une direction verticale, à 3 mèt. environ de hauteur. Dégâts matériels peu considérables.	Manque d'eau dans la chaudière, qui ne pouvait être constaté, car le tube en verre, seul indicateur de niveau, était brisé depuis plusieurs jours, et n'avait pas été remplacé.
21 décemb.	Fonderie de fonte, à Abbeville (Somme).	Chaudière horizontale, composée d'un corps cylindrique à bouts hémisphériques et de deux bouilleurs. Timbre : 5 atmosph. ; longueur du corps cylindrique : 3 mè- [illegible]	Déchirure du bouilleur de gauche vers l'arrière, au-dessus de sa clouure longitudinale, sur une longueur de 0m,22 et une largeur de 0m,10. Irruption d'eau bouillante et de vapeur. Les [illegible]	Un ouvrier grièvement brûlé. Démolition des carneaux. Dégâts matériels presque nuls.	Usure des parois exposées à l'humidité, pendant les longs chômages de la chaudière. Installé depuis vingt-deux ans, cet appareil aurait dû être l'objet de visites complètes, qui en auraient

		Construite en 1853, elle n'avait été ni réparée, ni rééprouvée depuis, et avait été laissée en chômage complet, de 1867 à 1874, dans un local extrêmement humide. Depuis 1874, elle ne travaillait qu'une fois par semaine, et pendant trois heures seulement.	de leur [redacted]seur. Cette épaisseur, primitivement de 9 millim., était réduite à 2 et même à 1 millim. Il y avait une demi-heure qu'on avait jeté le feu, et qu'on laissait la chaudière se refroidir, quand l'explosion s'est produite.		
26 décemb	Fabrique de sucre, à Saint-Hilaire-Cottes (Pas-de-Calais).	Cinq chaudières horizontales, disposées en batterie, chacune de forme cylindrique et munie de deux bouilleurs. Timbre, 5 atmosph. Leurs dimensions étaient les suivantes: (voir le tableau ci-dessous) Les chaudières n°s 1, 3 et 5 étaient seules en feu. Chacune des chaudières communiquait avec un collecteur placé transversalement au-dessus de la batterie, des clapets de retenue permettant l'isolement de chacune d'elles. L'eau d'alimentation était	Rupture brusque des trois générateurs en feu, en un très-grand nombre de fragments, suivant des lignes dont la plupart sont transversales. L'épaisseur des tôles était réduite à 6^{mm},5; de plus, la chaudière n° 5 présentait des fuites. Comme cette chaudière a porté les marques d'une action plus violente que les autres, il est présumable que c'est elle qui a fait une véritable explosion. Les deux autres auraient été atteintes par les projections, et détruites du même coup.	Cinq personnes tuées et quinze blessées ou brûlées, dont cinq très-grièvement. (Parmi les premières, étaient deux jeunes filles de 9 et 12 ans, qui triaient des escarbilles près des chaudières, et qui ont été lancées en l'air; l'une d'elles est retombée, (à 70 mètres de distance, en passant par-dessus la maison d'habitation.) Projection, d'une part, de grandes quantités de fragments des chaudières en feu, à des distances considérables; d'autre part, des deux autres générateurs, l'un à 30 mèt., l'autre à 50 mèt. de distance; ils ont été brisés en plusieurs morceaux dans leur chute. Démolition de la fabrique entière.	Cause n'ayant pu être exactement précisée. L'explosion peut être attribuée à un concours de circonstances parmi lesquelles on doit citer: Le mauvais état des chaudières ayant accompli un service de douze années dans la fabrique de sucre de Saint-Hilaire-Cottes, après avoir été employées dans d'autres établissements, et sans que, pendant cette longue période, elles aient été l'objet d'un renouvellement d'épreuve; L'excès de pression; L'état graisseux des eaux.

	CORPS cylindrique.		BOUILLEURS.	
	Longueur.	Diamètre.	Longueur.	Diamètre.
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
1re	12,00	1,10	12,40	0,60
2e	12,00	1,10	11,50	0,70
3e	12,00	1,10	11,50	0,70
4e	10,70	1,20	10,60	0,58
5e	8,50	0,90	9,50	0,60

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement, où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	SUITES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
		prise dans une bâche, où elle était chauffée par la vapeur d'échappement de la machine principale. D'un autre côté, l'eau de condensation des vapeurs employées au chauffage des serpentins, placés dans les divers appareils de la sucrerie, retournait aux chaudières par une conduite spéciale située également sur la batterie, et pouvant être mise en communication séparément avec chacune d'elles. Aucune épreuve n'avait été faite au moment de leur installation en 1865, ni depuis cette époque; cependant des réparations avaient probablement eu lieu dans cette période de douze ans.		Dégâts matériels très-considérables.	
30 décemb.	Remorqueur « l'Alouette », à Paris.	Chaudière cylindrique tubulaire à retour de flammes. Tubes en cuivre.	Six tubes de la rangée supérieure déchirés. Irruption d'eau et de vapeur par le foyer.	Le chauffeur, atteint par l'eau et la vapeur, n'a survécu que peu d'instants.	Manque d'eau par suite d'une avarie à la pompe alimentaire, et d'insuffisance de l'injecteur Giffard.

RÉSUMÉ.

RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

	NOMBRES.	TUÉS.	BLESSÉS.
1° Par nature d'établissements.			
Fonderie.	1	»	1
Sucre (fabrique de).	1	5	15
Scierie.	1	»	1
Papeteries.	2	1	6
Bateaux.	3	3	2
Teintureries.	4	1	1
Filatures.	2	»	»
Drap (fabrique de).	1	6	»
Tissage.	1	1	»
Chemins de fer.	2	»	1
Corroierie.	1	1	1
Moulin à tan.	1	»	»
Minoteries.	2	»	1
Battages de grains.	2	2	12
Bijoux d'acier poli (fabrique de).	1	1	4
Engrais (fabrique d').	1	»	»
Produits chimiques (fabrique de).	1	2	2
Extraits de teinture (fabrique d').	1	3	1
Brasserie.	1	1	»
Bonneterie.	1	»	»
Charcuterie.	1	1	»
Féculerie.	1	»	»
Battage de pieux.	1	»	1
Atelier de forgeron.	1	»	1
Mine de houille.	1	»	1
Totaux.	35	28	51
2° Par espèce d'appareils.			
CHAUDIÈRES sans foyer intérieur : horizontales avec ou sans bouilleurs.	17	17	26
CHAUDIÈRES sans foyer intérieur : système Belleville.	1	1	4
CHAUDIÈRES sans foyer intérieur : verticale.	1	»	»
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : horizontales.	2	3	2
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : système Field.	1	1	»
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : système Hermann-Lachapelle.	1	»	»
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : de locomotive.	2	»	1
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : de locomobile.	3	2	11
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur : de bateaux.	3	3	2
RÉCIPIENTS.	4	1	2
Totaux.	35	28	51
3° D'après les causes :			
CHAUDIÈRES. *Conditions défectueuses de construcion :*			
Mauvaises dispositions.	5	3	3
Mauvaise qualité du métal.	3	»	1
Conditions défectueuses d'entretien :			
Usure.	2	1	1
Corrosion extérieure.	3	»	»
Corrosion intérieure.	2	5	3
Mauvais emploi des appareils :			
Excès de pression.	2	2	12
Manque d'eau.	9	9	4
Imprudence ou négligence du chauffeur.	2	1	4
Causes restées indéterminées.	3	6	21
RÉCIPIENTS.	4	1	2
Totaux.	35	28	51

NOTICE

SUR

UN NOUVEAU FOUR A PUDDLER

A AIR CHAUD ET VAPEUR SURCHAUFFÉE

Par M. F. LEMUT,

Ancien élève breveté de l'École nationale des mines.

Il n'est pas d'ingénieur qui n'ait été frappé de l'imperfection manifeste de certains appareils métallurgiques, le four à puddler surtout, dont il faut rafraîchir les parois au dehors, tandis qu'on dépense d'énormes quantités de combustible pour les échauffer au dedans. Il n'est pas un métallurgiste qui n'ait eu la pensée de recueillir la chaleur que les fours rayonnent à l'extérieur et de la ramener à la grille.

Il ne paraît pas cependant que l'on ait réussi à trouver une solution satisfaisante, car aucune jusqu'ici ne s'est imposée à la pratique des forges.

Depuis bien des années, nous avons, comme bien d'autres sans doute, alimenté la grille de nos fours à puddler par de l'air échauffé au contact des soles. Il nous suffisait pour cela de fermer le cendrier par une porte, et de ne laisser arriver à la grille que de l'air ayant circulé sous les soles dans toute la longueur du four, par des conduits plus ou moins sinueux.

Cette circulation d'air est doublement utile, puisque la chaleur qu'elle apporte au foyer est enlevée à des parois qu'il est nécessaire de rafraîchir. Son effet toutefois est insuffisant et même peu sensible, la température de l'air n'étant point assez élevée.

A tort ou à raison, son usage ne s'est pas généralisé; nous-même, nous n'y recourions qu'exceptionnellement quand, il y a quelques mois, nous eûmes connaissance d'un appareil construit sur le même principe par M. Fabre, directeur des usines de Pamiers (Ariége). On nous assura que ce système produisait à Pamiers une économie de combustible de 30 et même de 35 p. 100, ce qui nous disposa tout d'abord à en faire l'essai.

Cependant, après avoir étudié les dessins de M. Fabre, nous reconnûmes que son appareil ne permettait pas de donner à l'air la haute température dont nous avions besoin. Nous avions en vue, en effet, la production d'une certaine proportion de gaz à l'eau, et pour y parvenir utilement, il ne nous suffisait pas que l'air fût chauffé à 300°, ni même, comme à Pamiers, à 350°.

Dans l'appareil que nous allons décrire, le courant d'air débouchant sous la grille fond le zinc en peu d'instants. Sa température oscille entre 450° et 500°. Grâce à cette température élevée, il nous a été possible de faire arriver sous la grille de la vapeur surchauffée, et de réaliser par sa décomposition une économie de combustible très-importante. A cette économie se joignent d'autres avantages que l'expérience a révélés et que nous relatons plus loin.

DESCRIPTION.

Notre appareil est disposé de telle sorte que l'air et la vapeur n'affluent sous la grille qu'après s'être échauffés au contact des diverses parties du four qu'il est utile de refroidir, savoir :

1° Le fond et les parois latérales du cendrier;

2° Les autels du four et les parois contiguës aux autels;

3° La sole du petit four ou cassin, le rampant qui le précède et celui qui le suit;

4° La sole du four à puddler proprement dit.

1° A cet effet, le cendrier est fermé par une porte. Le cadre de celle-ci ne dépasse pas le dessous des barres de grille, de manière à permettre de manœuvrer le pique-grille sans ouvrir les vantaux.

Les barres de grille reposent sur un support mobile autour d'un axe excentré qui permet de les abaisser pour faciliter le décrassage.

De plus, elles sont pourvues d'un renflement dans la partie qui repose sur le porte-grille mobile, de façon à ne laisser entre elles, dans cette partie, qu'un intervalle de quelques millimètres.

Le cendrier est formé de plaques de fonte derrière lesquelles sont ménagés des vides. L'air pénètre par une ouverture latérale, descend sous la plaque de fond et remonte du côté opposé pour venir déboucher dans la chambre *h* dont il sera parlé plus loin. (V. Pl. V, *fig.* 1 à 3.)

Pour que les plaques du fond et des côtés soient bien dépouillées de la chaleur qu'elles reçoivent du rayonnement de la grille et du contact de l'escarbille incandescente, elles portent des lames venues de fonte qui partagent en plusieurs compartiments les vides où l'air circule. Ces lames s'échauffent par conductibilité en même temps que par rayonnement, et elles multiplient les surfaces de contact avec l'air dont elles divisent la masse.

L'expérience détermine la section qu'il convient de donner à la prise d'air. Il suffit de mesurer la température de l'air au point où il débouche dans la chambre *h*. Si on ne la juge pas assez élevée, on réduit la section d'entrée. Un petit trou est ménagé à cet effet dans la maçonnerie extérieure, et permet d'introduire au sein du courant d'air, soit la boule d'un thermomètre, soit une éprouvette en métal fusible.

2° L'air attiré par le tirage de la cheminée vient frapper les costières qui font suite au grand autel. Il pénètre sous celui-ci, et se précipite par un tuyau vertical dans la

chambre inférieure *h*; il remonte de là dans une autre chambre *n* dont le dessus est la sole même du four, et le dessous une plaque de fonte échauffée par le rayonnement de cette sole.

Il entre de même, le long des costières qui aboutissent au petit autel, de l'air qui, passant par une ouverture inférieure ménagée vers le milieu de celui-ci, va rejoindre au-dessous de la sole l'air arrivant du grand autel.

3° Le cassin, ainsi que le rampant qui le réunit au four et celui qui se prolonge vers la cheminée, ont une sole formée de plaques de fonte armées au-dessous de lames très-saillantes. Une ouverture dont la largeur se règle à volonté, livre passage à de l'air qui, après s'être échauffé aux dépens desdites plaques à lames, vient rejoindre l'air sortant des autels dans la chambre *n* située sous la sole du four.

4° Cette sole est composée de fortes plaques de fonte assemblées à feuillures, et portant en dessous de nombreuses lames disposées en chicane qui agissent très-efficacement pour transmettre à l'air qui les lèche, la chaleur qu'elles reçoivent à la fois par conductibilité et par rayonnement. Nous obtenons facilement, par l'emploi de nos plaques à lames venues de fonte, de l'air à une température de 450°, 500° et même au delà.

En général, l'action d'un courant d'air ne suffit pas pour préserver d'un trop grand échauffement les autels des fours à puddler, de ceux surtout où l'on puddle pour acier ou pour grain fin; il faut avoir recours à l'emploi de l'eau.

A cet effet, dans le vide de chaque autel est un auget rempli d'eau et fort rapproché de la partie supérieure de l'autel. Un petit tuyau amène dans cet auget autant d'eau que l'évaporation en enlève, de façon à le maintenir plein. Le contact de la vapeur produite dans ces conditions, celui du courant d'air et le rayonnement suffisent pour maintenir

l'autel à la température convenable. Les costières peuvent être rafraîchies par un moyen analogue.

Ce mélange d'air et de vapeur, déjà à une haute température, est entraîné dans le courant qui se rend sous la grille et acquiert, comme nous l'avons dit, une température voisine de 500°.

On sait que la vapeur d'eau mélangée à l'air qui alimente une grille, refroidit celle-ci par le fait de sa décomposition au contact du charbon chauffé au rouge ; mais les produits gazeux de la combustion s'enrichissent de gaz combustibles, qui, en se brûlant, restituent à la flamme la chaleur que la vapeur d'eau avait enlevée à la grille.

Il y a en outre une augmentation de la température de la flamme résultant de la production d'oxyde de carbone sans azote par la combinaison de l'oxygène de l'eau avec le carbone de la houille ; en sorte que la vapeur d'eau introduite sous une grille remplace un certain poids de combustible. De plus, elle allonge la flamme. Le chauffage de l'air la raccourcit au contraire. Ces deux effets se corrigent donc l'un par l'autre.

Il résulte de ces considérations que le chauffage de l'air est doublement utile lorsqu'on brûle des houilles à très longue flamme sur la grille d'un four à réverbère, et que l'on cherche, comme dans le four à puddler, à concentrer la chaleur dans le laboratoire. Mais si l'on consomme des houilles ordinaires et surtout des houilles peu gazeuses ou à courte flamme, le chauffage de l'air, en concentrant la chaleur sur la grille même, ne laisserait plus assez de flamme dans le laboratoire, si l'on n'avait pas recours à l'addition de la vapeur d'eau.

Ainsi, la proportion de vapeur à introduire dépend de circonstances variables ; il faut donc que l'ouvrier préposé à la conduite du four puisse à tout instant en régler le dosage à son gré.

Il lui suffit pour cela de fermer plus ou moins un registre

formé simplement d'une plaque posée à plat sur l'ouverture ménagée sous chaque autel. La vapeur qui n'entre pas par cette ouverture se répand au dehors en rafraîchissant les costières.

Mais le plus souvent, la vapeur fournie par les autels, loin d'être en excès, est au contraire en quantité insuffisante.

On fait alors arriver un filet d'eau dans une cuvette en fonte placée sous la plaque de fond du cendrier. Cette eau est amenée soit par un petit tuyau aboutissant à la prise d'air du cendrier, soit plus simplement en débordant de l'auget du grand autel, d'où elle descend au fond à travers la chambre *h*. La vaporisation a lieu tant par le rayonnement que par le contact des lames de la plaque de fond ; elle est favorisée par le courant d'air chaud qui passe à la surface de l'eau. Dans l'un et l'autre cas, il suffit d'ouvrir plus ou moins un robinet pour régler le dosage de la vapeur qui s'ajoute à celle des autels et des costières et arrive surchauffée à la grille.

RÉSULTATS OBTENUS.

En puddlant des fontes grises donnant à l'analyse :

Silicium	2,80
Carbone total	3,20
Phosphore	0,55
Soufre	0,18

nous consommions habituellement par 1.000 kilogrammes de fer puddlé brut, savoir :

Fonte	1,146
Houille	755

Depuis que nous employons l'air chaud additionné de vapeur surchauffée, les consommations moyennes ont été, pour le puddlage des mêmes fontes :

Fonte..................	1,126
Houille.................	610

L'économie a donc été pour la fonte de 20 kilogrammes, pour 1.000 kilogrammes de fer puddlé, et pour la houille de 145 kilogrammes.

Nos fours qui sont à deux portes opposées et tous pourvus de notre puddleur-mécanique, établi dans nos usines depuis bientôt 15 ans, recevaient une charge de 300 kilogrammes.

Depuis que nous faisons usage d'air et de vapeur surchauffés, ils ont été agrandis et reçoivent 350 kilogrammes. Les résultats obtenus nous conduisent à les agrandir de nouveau. Nous allons porter leur charge à 400 kilogrammes, mais nous pensons arriver à dépasser ce chiffre.

Avec la charge actuelle de 350 kilogrammes nous faisons de 16 à 17 charges en 24 heures, soit 5.000 à 5.200 kilogrammes environ de fer puddlé brut, au lieu de 4.300 à 4.400 kilogrammes que nous obtenions auparavant. Cette augmentation de 17 à 18 p. 100 dans la production nous replace dans les conditions du puddlage des anciennes fontes au charbon de bois de Champagne.

FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL ET DISCUSSION DES RÉSULTATS.

Tout en nous gardant bien d'abuser des chiffres, nous essayerons d'analyser les causes de ces résultats.

Il s'agit d'abord d'évaluer la quantité de chaleur apportée au four :

1° Par l'échauffement de l'air ;

2° Par la combustion des gaz provenant de la décomposition de la vapeur d'eau.

1° Nous admettrons que la quantité d'air nécessaire à l'alimentation de la grille de nos fours à puddler est de 21 kilogrammes par minute ; chiffre qui correspond à 10 kilo-

grammes d'air par chaque kilogramme de houille. Cet air étant échauffé de 450° par sa circulation dans l'appareil à lames, apporte à la grille $21 \times 0.238 \times 450 = 2.249$ calories (*). Mais avec de l'air aussi chaud et sec, la combustion, nous l'avons dit plus haut, serait si vive que la chaleur se concentrerait exclusivement sur la grille. Les barreaux ne tarderaient pas à se brûler et se souderaient aux mâchefers résultant de la fusion des cendres de la houille, au point de rendre le décrassage de la grille impraticable ; les murs et la voûte du foyer seraient rapidement détruits, tandis que le laboratoire du four, relativement froid, serait traversé par une flamme oxydante comme le dard d'un chalumeau.

Dans ces conditions, le puddlage donnerait un déchet énorme ; il serait pratiquement impossible.

L'introduction de la vapeur d'eau surchauffée remédie à tous ces inconvénients. Elle transforme l'excès de chaleur que possède la grille en flamme qui remplit le four.

L'expérience nous a conduit à mélanger avec l'air qui alimente la combustion 900 à 1.000 grammes de vapeur par minute (**).

Avec cette addition, la grille ne s'échauffe plus qu'au degré convenable ; les mâchefers ne se soudent plus aux barreaux et le décrassage devient facile ; la flamme abondante dans le four est chaude et singulièrement transparente, et elle préserve efficacement le fer de l'oxydation, si

---

(*) Ces 2.249 calories représentent 280 grammes de houille par minute, soit 404 kilog. par 24 heures, ou 13 p. 100 de la consommation.

(**) Il faudrait n'introduire que 7 à 800 grammes de vapeur surchauffée si l'on ne devait dépenser pour la dissociation que la chaleur additionnelle résultant du chauffage de l'air et de la vapeur ; mais la grille s'entretient plus facilement et la flamme n'est pas moins chaude quand cette proportion est dépassée de quelques dixièmes.

nous en jugeons par l'accroissement de rendement que nous obtenons.

2° Il nous reste à examiner comment la vapeur ajoutée dans les conditions que nous avons dites, peut remplacer un certain poids de houille.

La décomposition de la vapeur a lieu aux dépens de la chaleur de la grille même. Il se produit de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone qui se mêlent aux autres gaz composant la flamme et élèvent sa température en s'y brûlant.

La combustion de l'hydrogène restitue exactement la chaleur absorbée par la dissociation des éléments de l'eau.

Quant à l'oxyde de carbone, comme il résulte de la combinaison du charbon de la grille avec l'oxygène de l'eau, il n'est pas accompagné d'azote. L'économie résulte donc de la suppression de tout l'azote correspondant à l'oxygène de l'eau.

Or, les 900 à 1.000, soit 950 grammes d'eau que nous décomposons, fournissent 844 grammes d'oxygène sans azote, tandis que 844 grammes d'oxygène atmosphérique sont accompagnés de $844 \times 3,33 = 2.810$ grammes d'azote; ainsi, l'emploi de l'eau évite l'introduction dans la flamme de 2k,810 d'azote par minute. La chaleur spécifique de l'azote étant 0,244, si l'on évalue à 1.600° la température de la flamme, 2k,810 grammes d'azote absorberaient $2.810 \times 1.600 \times 0,244 = 1.097$ calories enlevées du laboratoire même du four. Ces 1.097 calories représentent 137 grammes de houille par minute, soit 197 kilog. par 24 heures. C'est 6 1/3 p. 100 de la consommation, qu'il faut ajouter aux 13 p. 100 fournis par l'air chaud; ensemble 19,3 p. 100 (*).

Mais en réalité, l'économie de houille est bien supérieure

(*) Nous avons dit que, depuis l'emploi des nouveaux fours, la

à 19 1/3 p. 100, en ce sens que nos fours à air et vapeur surchauffés, tout en brûlant 0,193 de moins que les fours ordinaires, chauffent bien davantage.

On se l'explique facilement, si l'on remarque que la combustion de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone fournis par la décomposition de l'eau a lieu dans le laboratoire même, et pour ainsi dire au contact de la matière à élaborer ; il est évident que, pour obtenir cette haute température sans le secours du gaz à l'eau, il faudrait ajouter à la consommation de houille beaucoup plus de 19,3 et même, nous n'hésitons pas à le dire, plus de 25 p. 100.

Cette élévation de température, accompagnée d'une flamme abondante, est profitable à tous égards :

1° Elle permet d'ajouter à la charge de fortes doses de battitures ou de minerais riches, sans altérer la qualité. Nous augmentons ainsi le rendement et prolongeons la durée de la sole.

2° On sait qu'on n'obtient de bon fer puddlé qu'en puddlant très-chaud, sauf à évacuer les premières scories. Nos nouveaux fours sont donc éminemment propres à la fabrication du fer à grain fin ou de l'acier, qui exige une haute température en même temps qu'une flamme réductrice pendant la période finale.

3° Notre système de chauffage permet d'accroître le poids des charges. Or, dans un four bien nourri de flamme à haute température, cet accroissement n'a d'autre limite que les forces de l'ouvrier puddleur. L'usage de notre puddleur mécanique a permis de reculer très-sensiblement cette li-

---

consommation de houille était tombée de 755 à 610 kilog. ; ce qui fait une diminution de 145 kilog. Ces 145 kilog. sont à très-peu près les 0,23 de 610. L'économie réalisée dépasse donc l'indication de la théorie. On ne saurait s'en étonner, si l'on remarque que dans nos calculs, nous avons attribué à la houille une puissance calorifique de 8.000 calories, qui suppose une combustion absolument complète.

mite ; de sorte qu'en combinant l'emploi de cet appareil mécanique et de celui que nous venons de décrire, on arrive à réaliser une économie considérable, tant dans les consommations que dans la main-d'œuvre du puddlage.

EXPLICATION DES FIGURES (Pl. V, *fig.* 1 à 3).

a	Porte du cendrier *a, b*.
b	Plaques à lames formant le fond du cendrier.
c	Plaques à lames formant les costières du cendrier.
d,d	Lames armant la plaque de fond.
e	Prise d'air du cendrier.
f	Grand autel du four à puddler.
g	Tuyau établissant communication entre l'autel *f* et la chambre *h*.
h	Chambre inférieure communiquant avec la chambre *n*.
i	Petit autel.
l,l	Plaques à lames formant la sole du cassin et des rampants.
m	Prise d'air sous le rampant en aval du cassin.
n	Chambre des lames qui arment la sole du four P.
o,o	Registres réglant la largeur des ouvertures réservées sous les autels *f* et *i*.
p	Laboratoire du four à puddler.
q,q	Augets alimentés par les tuyaux *rr*.

NOTE SUR LE RÉGULATEUR A BOULES

DE M. ANDRADE,

Sous-ingénieur des constructions navales,

Par M. H. RÉSAL, ingénieur en chef des mines.

En visitant dernièrement l'arsenal de Cherbourg, un régulateur à force centrifuge, adapté à l'une des machines à vapeur de l'atelier des scieries, a attiré mon attention d'une manière spéciale, et je n'ai pas été trompé par ma première impression, car en effet ce régulateur remplit toutes les conditions que l'on peut exiger au point de vue de la pratique, comme je me propose de le faire voir dans ce qui suit (*fig.* 4, Pl. V).

Le régulateur de M. Andrade se compose :

1° De deux tiges identiques dont les axes de figure sont compris dans un même plan passant par l'axe vertical au même point o duquel elles sont articulées ;

2° De deux sphères pesantes, également identiques, adaptées aux extrémités de ces tiges et dont les centres sont C et C′ ;

3° D'un losange articulé $aba'b'$ dont les sommets latéraux a, a', peuvent se mouvoir dans des coulisses ménagées dans les tiges des boules ; l'un, b', des deux autres sommets est fixe, tandis que le troisième b est articulé au manchon du régulateur. La distance ob' est prise égale à la longueur des côtés du losange ;

4° D'un levier mobile autour de l'axe O, terminé d'autre part par une masse pesante G. Ce levier s'appuie, par une encoche, sur le rebord inférieur de la douille.

Soient :

l la longueur oC ou oC′ ;

a celle des côtés ab', $a'b'$, ab, $a'b$ du losange, et par suite de ob';

P le poids des boules;

Q l'effort exercé sur la douille par le levier OG, et que l'on peut supposer appliqué en b;

α l'angle aob;

ω la vitesse angulaire de régime correspondante de l'arbre.

On a :

$$ob = a + 2a\cos 2\alpha,$$

et le principe du travail virtuel donne la relation

$$2\frac{P}{g}\omega^2 l^2 \sin\alpha\cos\alpha\, d\alpha = 2Pl\sin\alpha\, d\alpha + 4Qa\sin 2\alpha d\alpha,$$

d'où

$$\omega^2 = \frac{4Qga}{Pl^2} + \frac{g}{l\cos\alpha}.$$

En donnant une valeur suffisante à Q, on peut faire en sorte que le maximum du second terme de cette expression, correspondant au maximum, censé fixé d'avance, de α, soit aussi petit que l'on voudra par rapport au premier terme; de sorte que, pratiquement, le régulateur Andrade offre les mêmes avantages que les régulateurs isochrones sans en avoir les inconvénients consistant surtout dans leur instabilité et qui, équilibrés, perdent en partie leur propriété fondamentale.

Les régulateurs Andrade sont en général construits de telle sorte que la variation de la vitesse ne dépasse pas $\frac{1}{150}$ de la valeur moyenne de cette vitesse; il n'y aurait aucun avantage à obtenir une plus grande précision.

Le 26 mars 1878.

EXTRAITS DE GÉOLOGIE

POUR

LES ANNÉES 1876 ET 1877

Par MM. DELESSE et DE LAPPARENT.

Nous nous proposons de résumer les travaux de géologie publiés pendant les années 1876 et 1877.

Les ouvrages français sont généralement mentionnés d'une manière sommaire, notre but étant surtout d'appeler l'attention sur les progrès de la géologie à l'étranger.

La classification qui a été suivie dans cette Revue est à peu près celle du *Manuel de géologie* de M. J. D. Dana, et, comme les années précédentes, elle comprendra cinq parties:

I. PRÉLIMINAIRES ET GÉOLOGIE PHYSIOGRAPHIQUE.
Ouvrages de géologie. — Généralités sur le globe.

II. GÉOLOGIE LITHOLOGIQUE.
Roches et leur gisement. — Roches proprement dites et roches métallifères.

III. GÉOLOGIE HISTORIQUE.
Terrains au point de vue stratigraphique et paléontologique.— Lois de la distribution des espèces végétales et animales qui vivaient pendant la formation de ces terrains.

IV. GÉOLOGIE GÉOGRAPHIQUE.
Descriptions et Cartes géologiques. — Géologie agronomique.

V. GÉOLOGIE DYNAMIQUE.
Forces qui ont produit des changements géologiques; leur mode d'action.

M. Delesse a spécialement traité la deuxième partie, comprenant les roches ou la géologie lithologique; il s'est occupé également de la géologie agronomique, ainsi que du métamorphisme et des modifications des roches.

M. de Lapparent s'est chargé de la troisième partie, comprenant les terrains ou la géologie historique; il s'est chargé en outre de la stratigraphie systématique.

Quant au reste du travail, il a été fait en commun.

PREMIÈRE PARTIE.

OUVRAGES GÉNÉRAUX.

Signalons d'abord un ouvrage posthume résumant les *Leçons de géologie* professées par Charles Sainte-Claire Deville, en 1875, au Collége de France (1). Le lecteur y trouvera un ensemble d'études faites, par ce savant regretté, sur les questions les plus élevées de la géologie. Indiquons particulièrement la classification des sciences d'après Ampère et les rapports de la géologie avec les autres sciences; un coup d'œil historique, comprenant des recherches sur les cosmogonies orientales et américaines, sur les philosophes grecs et les écoles anciennes, sur Hutton, Werner et divers savants qui, avant notre époque, ont contribué aux progrès de la géologie.

L'ouvrage de Charles Sainte-Claire Deville se termine par un exposé complet et une discussion approfondie de la théorie du réseau pentagonal ainsi que des opinions principales d'Élie de Beaumont.

— Une seconde édition des *Éléments de géologie* de M. V. Raulin (2) a été publiée en 1877. Cet ouvrage, destiné à l'enseignement secondaire spécial, est rédigé conformément aux programmes officiels et comprend 3 années d'études. On y trouvera des détails particuliers sur la géologie de la France, ainsi que des notions sur l'exploitation des substances minérales et des gîtes métallifères.

— M. Alleyne Nicholson (3) a fait paraître un *Traité de paléontologie stratigraphique* en un volume, divisé en deux sections. Dans la première, intitulée « Principes de la paléontologie », l'auteur expose la nature et la valeur, en fait de classification, des fossiles, indiquant les conclusions qu'on en peut tirer, avec précaution toutefois, sur les conditions physiques des âges passés. Il développe la théorie de la continuité des faunes et admet que les

(1) *Coup d'œil historique sur la géologie et sur les travaux d'Élie de Beaumont*, publié par M. Fouqué, chez C. Masson, Paris, 1878.
(2) Librairie Hachette, Paris.
(3) *The ancient Life History of the earth*. Édimbourg, 1877. — *Geol. Mag.*, 1877, 232.

lignes de démarcation habituellement tracées entre les grandes formations, indiquent seulement les lacunes de nos connaissances. Enfin M. Nicholson insiste sur la liaison étroite qui lie les organismes actuels à ceux des anciens temps, et qui fait que la zoologie et la botanique du présent ne peuvent être bien comprises, si l'on n'a quelque connaissance des types paléontologiques.

La seconde partie, ou « Paléontologie historique », comprend l'étude des faunes des différents étages, avec un chapitre de résumé relatif à la succession de la vie sur le globe. De nombreuses indications bibliographiques sont jointes à l'ouvrage.

Dans le même ordre de travaux, il convient de mentionner *Les enchaînements du monde animal* de M. Albert Gaudry (1). L'auteur, étudiant les faunes géologiques à travers les âges, s'est proposé l'étude des passages ou des enchaînements qui relient entre eux les différents animaux. De pareilles recherches comprennent un cadre immense, car elles portent à la fois sur la faune actuelle et sur les faunes éteintes. Quant à présent, M. Albert Gaudry s'occupe spécialement des mammifères tertiaires, dont il a exploré lui-même un grand nombre de gisements, particulièrement à Pikermi (Grèce) et au mont Léberon (Vaucluse). S'élevant successivement dans la série des mammifères tertiaires, il passe en revue les marsupiaux, les mammifères marins, les pachydermes, les ruminants, les solipèdes, les ongulés, les proboscidiens, les édentés, les rongeurs, les insectivores, les cheiroptères, les carnivores, puis les quadrumanes et enfin l'homme.

« Lorsque nous étudions, dit M. Albert Gaudry, les débris enfouis dans les couches terrestres, les analogies que nous découvrons entre les animaux des temps présents et leurs prédécesseurs, nous portent souvent à admettre leur parenté. Par exemple, on trouve à l'état fossile des hyènes, des civettes, des chats, des éléphants, des rhinocéros, des rorquals, etc., qui se distinguent à peine des espèces actuelles ; je suis porté à supposer qu'ils en sont les ancêtres, attendu que leurs différences ne dépassent guère celles des races issues d'une même origine ; dans les temps géologiques, aussi bien que dans les temps actuels, les espèces se sont fractionnées en races, et il est impossible de dire où commence l'espèce, où s'arrête la race. »

« Ce ne sont pas seulement les espèces d'un même genre qui ont des indices de parenté ; quand je remarque que le cheval a

(1) *Les enchaînements du monde animal dans les temps géologiques. Mammifères tertiaires.* Savy, 1878.

succédé à l'Hipparion, l'éléphant au Mastodonte, le rhinocéros au Palœothérium, le tapir au Lophiodon, la loutre au Lutrictis, l'hyène à l'Ictithérium, le chien à l'Amphicyon, le semnopithèque au Mesopithecus, etc., je pense que ces genres ont eu des liens étroits, car la somme de leurs ressemblances l'emporte infiniment sur celle de leurs différences. »

« Si je crois à la parenté d'animaux de genres distincts, je crois aussi à celle d'animaux d'ordres distincts; en effet, je vois des ruminants et des solipèdes remplacer des pachydermes qui s'en rapprochent tellement que nul ne peut tracer la limite des ordres des pachydermes, des solipèdes et des ruminants. »

« Alors il me semble que les paléontologistes sont autorisés à dire qu'ils ont découvert de nombreux liens de parenté entre les animaux actuels et les mammifères qui les ont précédés dans les temps géologiques. Avons-nous trouvé plus que des liens de parenté ? Connaissons-nous les paternités et pouvons-nous déclarer que telle espèce est l'ancêtre direct de telle autre? Dans la plupart des cas, nous n'en sommes pas là. »

M. de Saporta a également constaté que les végétaux fossiles sont reliés entre eux et avec les végétaux actuels par de nombreux enchaînements, et il est arrivé à des conclusions analogues pour les flores de notre globe.

— M. A. H. Green (1) a entrepris la publication d'un *Traité de géologie* destiné aux étudiants et aux gens du monde. Le premier volume, relatif à la géologie physique, vient de paraître. La lithologie systématique, le métamorphisme, les dérangements des roches, la dénudation par les agents atmosphériques et par la mer, enfin les théories physiques relatives au globe, y sont successivement passés en revue.

— MM. H. Penning et Jukes Browne (2) ont publié un *Manuel* à l'usage des géologues explorateurs; cet ouvrage comprend la description des cartes et des instruments, à la fois géologiques et topographiques, qui sont nécessaires pour le travail sur le terrain. Les auteurs indiquent ensuite la manière de tracer les contours suivant les allures diverses que les formations peuvent comporter. Enfin la récolte des fossiles et l'emploi des caractères paléontologiques y sont traités avec détails.

— Nous avons déjà mentionné le *Répertoire géologique* de M. B.

(1) *Geology for students*, etc. Part I. London, 1876.
(2) *Field geology*. London, 1876. Baillière, Tindall and Cox.

von Cotta (1), qui contient une énumération par ordre chronologique, de tous les travaux importants auxquels la géologie a donné lieu jusqu'en 1876. Les remarques de l'auteur ajoutent un intérêt spécial à ce catalogue, qui se termine par un index contenant 1.362 noms d'auteurs, 948 localités et 1.644 titres de matières.

— Des documents relatifs à la *Géographie physique* seront trouvés dans les *Annuaires géographiques* de MM. **Vivien de Saint-Martin** et **Behm**, ainsi que dans les rapports de M. **Maunoir**, secrétaire général de la Société de géographie.

M. **Ziegler** (2) a cherché à mettre en relief les rapports de la topographie et de la géologie, à propos de l'Engadine et du massif de la Bernina. Ce travail est accompagné de cartes géologiques au 150.000ᵉ, d'après M. **Théobald**, et d'une carte à la même échelle faisant connaître l'extension des dépôts glaciaires dans la haute Engadine et la Bernina.

— M. **Edward S. Dana** (3) a publié, sous la direction de son père, un ouvrage élémentaire de *minéralogie* qui traite plus particulièrement de cristallographie et de minéralogie physique.

Indiquons encore une publication périodique sur la minéralogie qui est faite, à partir de 1877, par M. le professeur **Groth** (*Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie*).

GÉOLOGIE PHYSIOGRAPHIQUE.

Circulation atmosphérique.

M. **Brault**, lieutenant de vaisseau, vient de publier huit cartes relatives au régime des vents sur la surface de l'océan Atlantique; huit autres cartes sont sur le point de paraître.

En même temps, dans un ouvrage récent, M. **Brault** (4) a fait connaître la méthode qu'il a suivie pour la construction de ces cartes. C'est à peu près celle de **Maury** : pendant huit ans, il a dépouillé, dans sept ports, tous les journaux de bord des navires ayant navigué de 1800 à 1870, et il en a extrait des observations qui se comptent par centaines de mille. Il a pu ainsi donner des

(1) *Geologisches Repertorium*. Leipzig, 1877. — *Revue de géologie*, XIV, 4.
(2) Zurich, 1876.
(3) *A text-book of mineralogy*, 1877. New-York.
(4) *Météorologie nautique*. Étude sur la circulation atmosphérique de l'Atlantique nord.

indications, non-seulement sur la direction des vents, mais encore sur leur intensité aux différentes époques de l'année.

Parmi les faits les plus importants reconnus par M. Brault, mentionnons le mouvement des calmes équatoriaux. Pendant l'été ces calmes stationnent principalement au milieu de l'Atlantique; tandis que pendant l'hiver, ils se trouvent sur les côtes d'Afrique. Pendant les saisons mixtes, ils vont de droite à gauche sans se fixer, en restant d'habitude plus près de l'Afrique que de l'Amérique.

Autour des Açores, il existe, pendant l'été, un courant d'air descendant qui est accusé par une pression barométrique s'élevant à 769 millimètres, tandis que dans l'intérieur de l'Asie, de l'Amérique du Nord et surtout dans les régions polaires antarctiques, la pression reste, au contraire, très-faible et donne lieu à des courants ascendants. Le courant colossal des Açores, qui détermine la circulation de l'atmosphère dans l'Atlantique nord, ne paraît pas non plus être fixe.

Enfin M. Brault a encore constaté qu'au milieu de l'Atlantique nord, il existe une région qui s'étend du cap Vert aux Antilles, avec une largeur maximum de 10° en latitude et de 40° en longitude, dans laquelle la direction probable des vents ne change pour ainsi dire pas pendant toute l'année.

Chaleur interne du globe.

Nous avons déjà rendu compte, dans la *Revue de géologie* (1), d'un travail de M. Mohr relatif aux observations de température faites dans le fameux sondage de Speremberg, près de Berlin. M. Dunker ayant traité ces observations par la méthode des moindres carrés, en avait déduit une formule qui, appliquée en dehors des limites de l'observation, indiquait une augmentation de température toujours décroissante, devenant nulle vers 3.200 mètres et négative au delà. M. Mohr s'était attaché à faire ressortir ce résultat qui était contraire à l'hypothèse de la chaleur centrale.

M. Henrich (2) n'a pas eu de peine à montrer combien de telles conclusions étaient hasardées. Le nombre des observations de température recueillies à Speremberg est, en tout, de neuf, dont les huit premières sont échelonnées de 210 à 630 mètres de profondeur, tandis que la dernière se rapporte à 1.100 mètres. Il y a

(1) *Revue de géologie*, XIII, 9.
(2) *Neues Jahrb*, 1876, 716.

bien encore une observation faite à 1.200 mètres, mais M. Dunker lui-même la regarde comme la moins sûre de toutes. Les huit premières observations, considérées seules, indiquent une marche continue pour l'accroissement; leurs résultats, figurés graphiquement par des ordonnées, sur une ligne d'abscisses proportionnelles aux profondeurs, donnent une ligne parfaitement droite. Même en tenant compte de la neuvième, séparée de la huitième par une si grande lacune, on obtient encore une ligne peu différente d'une droite. Ce qui a donné lieu à l'erreur commise par M. Dunker, c'est qu'il a voulu introduire dans sa formule la température de la surface, qui est étrangère à la question, alors surtout que la première observation a été faite à plus de 200 mètres et que, par suite, on ignore à quelle profondeur se trouve la couche offrant la moyenne annuelle du lieu.

Ainsi l'hypothèse de la chaleur interne n'a rien à redouter des observations de Speremberg. Ce qui est tout à fait illégitime, c'est l'intervention de la méthode des moindres carrés dans cette circonstance. Quand un même chiffre doit être déterminé par un grand nombre d'expériences, on comprend que sa vraie valeur soit discutée par cette méthode; mais il n'en est plus de même lorsque chacun des chiffres qui servent à l'établissement d'une formule n'a été obtenu que par une seule expérience.

Du reste, M. Dunker lui-même a ultérieurement modifié sa formule de manière à faire disparaître la possibilité d'un changement de sens de la variation.

En se servant de cette formule modifiée, M. Moesta (1) a montré que l'augmentation de température de la surface de la terre vers l'intérieur suit une loi tout à fait conforme à celle que Bessel a établie pour la diminution qui a lieu à partir de la surface terrestre en allant vers les espaces planétaires.

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 187.

DEUXIÈME PARTIE.

LITHOLOGIE.

La lithologie ou l'étude des roches est, chaque année, l'objet d'un grand nombre de travaux qui intéressent toutes les personnes s'occupant de géologie. Nous allons présenter un résumé sommaire de ces travaux, en nous attachant plus particulièrement à ceux qui fournissent des données nouvelles sur la composition minéralogique et chimique des roches ou sur leur structure microscopique.

Lorsqu'on voudra comparer les analyses nouvelles avec celles qui ont été faites précédemment, il conviendra d'ailleurs de consulter quelques ouvrages spéciaux, notamment ceux de MM. Justus Roth, Kenngott, Rammelsberg, G. Bischof, Tschermak, ainsi que le *Neues Jahrbuch*, le *Jahresbericht der Chemie* et les quatorze volumes déjà publiés de la *Revue de géologie*.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES ROCHES.

Phosphorescence.

La phosphorite est l'une des substances minérales qui jouissent de la propriété remarquable de la phosphorescence. MM. Egozcue y Cia et Mallada (1) ont constaté toutefois, dans la chaux phosphatée de l'Estramadure (2), que cette propriété fait défaut à l'apatite verte ou violette qui a été désignée sous le nom d'*Asparagine*. On sait que cette dernière cristallise en prismes hexagonaux réguliers, surmontés, comme le quartz, d'une pyramide à six faces.

En Estramadure, la phosphorite testacée, ayant une couleur gris perle ou jaune de miel, ainsi que la phosphorite résinoïde, ne ont pas non plus phosphorescentes; mais, à de rares exceptions près, les phosphorites proprement dites sont au contraire phosphorescentes. On peut le constater simplement, car il suffit de les frapper avec le marteau pour qu'elles dégagent une lueur verte.

(1) *Memorias de la comision del mapa geologico*, 1877. — Mémoire de M. Badoureau (E.), ingénieur des mines.

(2) *Revue de géologie*, XIV, 59.

Lorsqu'on chauffe, dans un creuset de platine, une phosphorite pulvérisée, la phosphorescence se manifeste, puis disparaît, pour reparaître de nouveau, lorsqu'on la répand sur une surface froide; cependant une même poudre n'est phosphorescente qu'une seule fois.

MM. Egozcue et Mallada ont reconnu que le granite de l'Estramadure, encaissant les filons de phosphorite, est toujours doué de la phosphorescence; il émet une lumière verte azurée qui est tantôt intense, tantôt assez faible. En dehors du contact de la phosphorite, 40 p. 100 des granites qui ont été essayés se sont encore montrés phosphorescents. Au contact des filons, on conçoit que cette propriété soit attribuée à la phosphorite qui a imprégné la roche encaissante; mais en dehors, elle pourrait provenir de l'orthose même du granite, puisque ce dernier minéral est quelquefois phosphorescent.

Acide phosphorique et potasse dans les roches.

MASSACHUSETTS. — M. le professeur Storer (1) a déterminé l'acide phosphorique ainsi que la potasse, immédiatement solubles dans l'acide chlorhydrique, qui se trouvent dans différentes roches du Massachusetts :

	PO^5 (2)	KO
Granites provenant surtout de l'État de Massachusetts.	0,058 à 1,191	2,587 à 7,434
Syénites de l'est du Massachusetts.	1,407 à 5,241	0,042 à 0,066
Trapp.	4,356	0,287
Micaschiste de Dracut.	3,875 à 3,913	0,085
Schiste bleu, compacte, de Somerville.	0,303	0,444
Sable blanc de Berkshire, employé à la fabrication du verre.	0,448 à 0,630	0 à 0,021
Sable du rivage, d'Essex.	2,384	0,051
Sable des dunes.	0,613	0,050

Ces recherches confirment la grande diffusion dans la nature de l'acide phosphorique et de la potasse, qui sont des substances indispensables au développement des végétaux (2). Il y en a des proportions notables dans les roches éruptives, dans les roches sédimentaires ainsi que dans les sables actuellement déposés sur le rivage et même jusque dans les sables des dunes (3).

(1) *American Journal of Science and Arts* [3], XIII, 234.

(2) D'après les chiffres si élevés donnés par ce tableau, il y a lieu de penser que l'acide phosphorique est exprimé en millièmes et non pas en centièmes, comme l'indique le texte anglais.

(3) *Revue de géologie*, XIII, 18; XIV, 21.

Étude microscopique des roches.

Les principaux faits relatifs à l'étude microscopique des roches devant être donnés avec la description de chacune d'elles, contentons-nous de mentionner ici quelques travaux généraux.

M. Michel Lévy a publié, dans les *Annales des Mines* de 1877, un mémoire sur l'emploi du microscope polarisant pour la détermination des espèces minérales.

M. Rosenbusch a fait connaître, dans un ouvrage récent, les caractères physiographiques qu'offrent les minéraux des roches non stratifiées.

M. C. Doelter (1) a résumé les caractères, présentés sous le microscope, par les divers minéraux qui entrent dans la constitution des roches. Il donne successivement leurs couleurs, leur forme, leurs propriétés, particulièrement leurs propriétés optiques, et aussi leur gisement.

Structure des roches clastiques.

Les roches clastiques ont été étudiées au microscope par M. F. Anger (2). Il a reconnu que les grès, les grauwackes, les marnes, les schistes argileux, ainsi que les argiles schisteuses, se composent non-seulement de débris, mais encore d'éléments cristallins. Parmi les débris, on peut surtout citer le quartz et le mica, tandis que la chaux carbonatée et le fer oligiste appartiennent aux éléments cristallins les plus fréquents.

Haüyne.

M. A. Knop (3) a donné un moyen de reconnaître le nosean et les autres minéraux de la famille de l'haüyne. Il consiste à chauffer, pendant quelques minutes, la petite lame polie sur laquelle on veut constater leur présence, dans un creuset de platine qui contient de la fleur de soufre; ces minéraux apparaissent alors avec une belle couleur bleue. Du reste, cette réaction n'a pas lieu pour les autres minéraux qui leur sont habituellement associés, tels que les feldspaths, l'amphigène, la néphéline et l'apatite.

Zircon.

Le zircon est facilement reconnaissable dans diverses roches

---

(1) *Die Bestimmung der Mineralien durch das Microscop.* — Wien, 1876.
(2) *Jahresbericht der Chemie* fur 1875, 1254.
(3) *Neues Jahrbuch,* 1875, 74.

dans lesquelles il entre comme minéral constituant; c'est en particulier ce qui a lieu dans une roche clastique, la syénite zirconienne. Mais, dans ces derniers temps, l'analyse microscopique a permis de constater sa présence dans un grand nombre de roches. M. Daubrée l'a signalé dans les granites des Vosges. M. Törnebohm (1) l'a observé très-souvent dans les granites de la Scandinavie; il est en cristaux microscopiques, incolores ou bruns, qui réfractent et polarisent fortement la lumière et qui appartiennent visiblement au système quadratique. M. Törnebohm l'indique aussi dans les granites de la Saxe, du Tyrol, de la Suisse et de l'Amérique du Nord. En outre, il l'a retrouvé dans le gneiss, dans le porphyre, dans l'eurite et dans l'*Hälleflinta* de diverses localités.

CLASSIFICATION DES ROCHES.

M. A. von Lasaulx (2) a donné une classification naturelle des roches dans laquelle, à l'exemple de MM. Zirkel, Vogelsang et autres savants, il a égard, non-seulement à l'ensemble de leurs propriétés, mais encore aux résultats fournis par leur étude microscopique (3).

Toutefois, comme une même roche peut se reproduire à des époques géologiques très-différentes, il laisse de côté les considérations relatives à l'âge. Il ne se base pas non plus sur l'origine et sur le mode de formation des roches, qui, pour beaucoup d'entre elles, restent entièrement dans le domaine de l'hypothèse. Il pense même qu'il est préférable de ne pas les diviser, comme l'ont fait plusieurs auteurs, en roches éruptives, métamorphiques et sédimentaires.

D'après cela, M. von Lasaulx préfère reprendre la classification de K. C. von Leonhard, qui date de 1823 et à laquelle il apporte les perfectionnements résultant des progrès de la science. Elle est basée sur la structure des roches qui sont divisées en 3 grandes classes : 1° simples, 2° composées, 3° clastiques ou détritiques. Dans chacune de ces classes, on distingue, autant que possible, les roches qui sont amorphes, semi-cristallines et cristallines, de sorte que les roches sont ordonnées par rapport au développement de la cristallisation.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1877, 97.
(2) *Eléments de Petrographie*, Bonn, 1875, 146.
(3) *Revue de géologie*, XI, 13.

Voici le tableau qui résume la classification de M. von Lasaulx:

I. — ROCHES SIMPLES (homomictes).

A. ROCHES NON CRISTALLINES (amorphes) OU SEMI-CRISTALLINES consistant en une substance minérale amorphe qui peut aussi être mélangée d'une petite quantité de la même substance cristallisée.

1. Silice : *a* opale, *b* silex.
2. Carbonate de chaux : craie.
3. Phosphate de chaux : phosphorite.
4. Combustibles : houille, lignite, tourbe.

B. ROCHES CRISTALLINES ET GRENUES : agrégats d'individus appartenant à une même espèce minérale.

a. Roches cristallines et grenues qui sont toujours simples.

1. Glace.
2. Sels haloïdes : *a.* sel gemme, *b.* fluorine, *c.* cryolithe.
3. Sulfates : *a.* gypse, *b.* anhydrite.
4. Carbonates : *a.* calcaire, *b.* dolomie, *c.* marne, *d.* fer spathique.
5. Minerais de fer.

b. Roches qui, par le mélange de divers minéraux, présentent des passages aux roches composées.

1. Fer magnétique.
2. Graphite.
3. Quartzite.
4. Amphibole (augite, scapolithe).
5. Schiste chlorité.
6. Schiste talqueux.
7. Serpentine.

II. — ROCHES COMPOSÉES (polymictes).

A. Roches massives.

a. Roches non cristallisées, amorphes, vitreuses ou d'aspect résineux.

1. Obsidienne.
2. Ponce.
3. Perlite.
4. Rétinite.

b. Roches semi-cristallines; porphyres des verres naturels.

c. Roches cristallines.

α. Roches qui contiennent encore beaucoup de pâte vitreuse provenant du résidu de leur magma.

1. Basaltes : *a.* basalte anorthosé, *b.* basalte néphélinique, *c.* basalte amphigénique, *d.* basalte haüynifère, *e.* basalte micacé.
2. Mélaphyre (Palatinite).

β. Roches ayant une pâte micro-aphanitique renfermant plus ou moins de cristaux.

aa. Pâte dominante.

1. Eurite (felsite).
2. Rhyolite (lithoïdite).

bb. Pâte avec cristaux : véritables porphyres.

1. Porphyres euritiques : *a.* porphyre quartzifère, *b.* porphyre euritique, *c.* porphyre orthosé et sans quartz.
2. Porphyres rhyolitiques : *a.* rhyolite quartzifère, *b.* rhyolite avec sanidine, *c.* trachyte (porphyre avec sanidine et sans quartz).

γ. *Roches dans lesquelles la partie vitreuse ou la pâte micro-aphanitique disparaît presque entièrement, en sorte que leur structure est pseudoporphyrique et tend même à passer à la structure cristalline grenue.*

1. Phonolites (roches à bases de nosean).
2. Andésite amphibolique : *a.* andésite amphibolique avec quartz, *b.* andésite amphibolique sans quartz.
3. Porphyrites : *a.* porphyrites dioritiques, porphyrites avec anorthose, avec amphibole, avec mica, *b.* porphyrites diabasiques, diabase porphyrique (diabase anorthosée), porphyre augitique (diabase augitique).
4. Porphyre granitoïde.

δ *Roches cristallines, grenues, ayant pour type le granite.*

αα *Roches feldspathiques.*

1. Diorite : *a.* diorite à base d'oligoclase, *b.* diorite à base de labradorite, *c.* diorite quartzifère.
2. Diabase : *a.* diabase, *b.* diabase quartzifère.
3. Gabbro : *a.* gabbro, *b.* hypersthénite.
4. Roches à base d'anorthite : *a.* corsite, *b.* eukrite, *c.* troktolite.
5. Roches à base d'orthose et d'élæolithe (orthophonite) : *a.* foyaïte (orthophonite amphibolique), *b.* miascite (orthophonite avec mica), *c.* ditroïte (orthophonite avec sodalite), *d.* syénite zirconienne (orthophonite avec zircon), *e.* syénite avec eudialite (orthophonite avec eudialite).
6. Syénite : *a.* syénite amphibolique, *b.* syénite augitique, *c.* syénite micacée.
7. Granite.

ββ *Roches non feldspathiques*

1. Greisen.
2. Hyalotourmalite (schorlrock).
3. Eclogite.
4. Grenatite.
5. Péridotite : *a.* Dunite, *b.* Lhe zolithe. *c.* Pikrite.

B. *Roches stratifiées.*

a. Avec feldspath.

1. Gneiss.
2. Granulite.
3. Porphyroïdes.
4. Phyllites, schiste à base de séricite.

b. Sans feldspath.

5. Schiste argileux micacé.
6. Schiste micacé.
7. Itacolumite.

ROCHES DÉTRITIQUES (Clastomictes).

A. *Roches semi-clastiques :* elles se composent en partie de matériaux détritiques et en partie de cristaux provenant des roches antérieures.

1. Schiste argileux (thonschiefer).
2. Argiles (Lehm, Loess).
3. Kaolin.
4. Tufs, spilites (Schaalstein).

B. *Roches clastiques proprement dites.*

a. Roches consolidées par un ciment.

α. Le ciment est minéral.

1. Grès.
2. Conglomérats.
3. Brèches.

β. Le ciment est une roche cristalline.

Brèches formées par les roches éruptives.

b. Dépôts meubles et sans ciment.

1. Sable, gravier, cailloux roulés, galets.
2. Cendres volcaniques, lapilli, amas de ponce.

ROCHES.

Passons maintenant à la description détaillée des différentes espèces de roches, en insistant particulièrement sur leur composition minéralogique et chimique ainsi que sur leur structure microscopique.

Roches carbonées.

Pétrole.

PENNSYLVANIE. — M. Sam. P. Sadtler (1) a fait quelques analyses des gaz provenant de puits qui fournissent le pétrole aux États-Unis.

A Puits Burns dans le comté Butler, dans lequel le pétrole jaillit d'une profondeur de 550 mètres.

B Puits Leachburg, dans le comté Westmoreland. Son pétrole provient d'une profondeur de 400 mètres, et il est accompagné d'eau salée.

C Puits Cherry Tree, dans le comté Indiana. Entrepris pour rechercher du pétrole, il a donné, à la profondeur d'environ 165 mètres, une source d'eau, non salée, de laquelle s'échappent des bulles de gaz.

	A	B	C
Densité	0,615	0,558	—
Acide carbonique	0,34	0,35	2,28
Oxyde de carbone	trace	0,26	—
Gaz d'éclairage	—	0,56	—
Hydrogène	6,10	4,79	22,50
Gaz des marais CH^4	75,44	89,65	60,27
Ethyl-hydride C^2H^6	18,12	4,39	6,80
Propyl-hydride C^3H^8	trace	trace	—
Oxygène	—	—	0,83
Azote	—	—	7,32
Somme	100,00	100,00	100,00

(1) Peter Lesley. *Second geological Survey of Pennsylvania*, 1875.

Les gaz des deux premiers puits à pétrole présentent à peu près la composition trouvée précédemment dans des recherches du même genre. D'un autre côté, celui qui s'échappe de la source de Cherry Tree, en diffère beaucoup : en particulier, il contient plus d'acide carbonique et il se distingue surtout par la présence de l'oxygène et de l'azote ; or, ces deux gaz étant précisément ceux que les eaux de sources dissolvent habituellement, il n'est pas étonnant qu'ils s'échappent de la source artésienne de Cherry Tree.

Contrairement aux résultats obtenus antérieurement, M. Sadtler pense que tous les gaz des puits à pétrole contiennent de l'hydrogène libre.

Jujuy. — Des sources de pétrole, qui étaient connues depuis longtemps des Indiens, ont été signalées à Jujuy, dans la République Argentine. Le pétrole, si abondant dans l'Amérique du Nord, se retrouve donc aussi dans l'Amérique du Sud.

Calcaire asphaltique.

Seyssel. — L'analyse d'un calcaire asphaltique du terrain jurassique des environs de Seyssel (Ain), a été faite au bureau d'essai de l'École des mines, sous la direction de M. Carnot.

Argile.	Fe^2O^3	CaO	MgO	SO^3	PO^5	Eau et acide carbonique.	Matières bitumineuses.	Somme.
3,00	2,60	45,00	3,30	0,20	0,20	38,60	6,70	99,60

En soumettant à la distillation les matières bitumineuses et en isolant celles qui se dégagent à diverses températures, on a obtenu les résultats suivants :

	Densité.	Proportion sur 1.000.
Eau ammoniacale	—	10
Huile jaune distillant de 80° à 150°	0,863	96
— jaune foncé — 150° à 200°	0,888	58
— rougeâtre — 200° à 250°	0,907	112
— — — 250° à 300°	0,922	310
— rouge brun — au delà de 300°	0,958	275
Produits solides	—	139
Somme		1.000

Dysodile.

Ries. — Une argile tertiaire du Ries renferme un dysodile qui a été examiné par M. H. Frickhinger (1). Sous le microscope, cette substance minérale présente une masse homogène dans la-

(1) *Jahresbericht für Chemie*, etc., für 1875, 1248.

quelle on retrouve rarement la structure organique. Ses cendres sont essentiellement formées d'argile et de calcaire et l'on n'y trouve pas de silice soluble, comme dans le dysodile de Glimbach près Giessen : leur proportion s'élève à 69 p. 100 et lorsqu'on les défalque, il reste pour la composition des matières organiques du dysodile :

C	H	Az	S	O	HO
63,39	12,51	0,62	1,96	19,13	2,39

Diamant.

AFRIQUE AUSTRALE. — Le gisement du diamant dans l'Afrique australe a été l'objet des études de MM. Stow et Dunn (1). Ces deux auteurs sont d'accord pour penser que le diamant est venu au jour avec une roche éruptive de la famille des euphotides; cette roche, avec des fragments de gneiss et de micaschiste, occupe, dans un schiste à feuillets horizontaux, de véritables puits atteignant jusqu'à 60 mètres de profondeur.

M. Stanislas Meunier (2), en examinant la matière de remplissage qui forme les puits à diamant dans la mine du Toit's Pan, a reconnu que la roche dominante est une sorte de serpentine bréchiforme, empâtant des fragments de grenatite avec sahlite, de pegmatite et de talcschiste. M. Stanislas Meunier pense que chacune de ces roches a dû être arrachée à un gisement antérieur et qu'il y a eu transport et accumulation des débris en un même lieu. Il signale l'analogie de ce mode de gisement avec celui des argiles et sables granitiques des plateaux de l'Eure et il caractérise ce genre d'éruption à matériaux fragmentaires par le nom d'*alluvions verticales*.

Terres végétales.

FRANCE. — Des terres végétales, provenant de divers points de la France, ont été analysées dans les laboratoires de l'École des mines et de l'École des ponts et chaussées.

Parmi celles qui sont riches en calcaire, citons :

A Terre de Saint-Bazile, canton de Saint-Mathieu (Haute-Vienne).

B Terre prise par M. de Cossigny à 400 mètres, au sud de la commune d'Allouis (Cher). Le sol et le sous-sol immédiatement en contact avec la couche arable, sont constitués par des alluvions de l'Yèvre et du Cher,

(1) *Geol. Society*, XXX, 54. — *Revue de géologie*, XII, 26.
(2) *Comptes rendus*, LXXXIV, 1124.

C **Terre** prise à 1.600 mètres au N.-E. de la commune de Vaudes (Aube) et formant dans cette région le sol de la vallée de la Seine. Le sous-sol est une alluvion moderne composée de gravier calcaire, mêlée d'un peu de sable de même nature.

Silice et quartz.	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	Alcalis.	CO^2	HO	Matières organiques.	Sulfate de chaux.	Somme.
35,00	12,00	3,30	17,00	5,00	traces faibles.	27,00			0,60	99,90

	B		C	
1° **Produits volatils ou combustibles.**	......	6,38	......	5,41
Eau.	0,55		0,55	
Azote.	0,16		0,16	
Autres produits.	5,67		4,70	
2° **Cendres.**	......	93,62	......	94,59
Résidu insoluble.	55,10		18,23	
Peroxyde de fer et alumine.	3,75		4,84	
Chaux.	18,70		39,75	
Magnésie.	0,57		0,14	
Acide phosphorique.	0,02		0,01	
Potasse soluble.	0,18		0,09	
CO^2 et produits non dosés.	15,30		31,53	
Somme.	......	100,00	......	100,00

Voici encore la composition de quatre terres végétales, analysées par M. Durand Claye au laboratoire de l'École des ponts et chaussées.

A De la commune de Romecamp près d'Abancourt (Oise).

B De Crouy sur Ourcq (Seine-et-Marne).

C Prise à 640 mètres au sud de la commune de Fresnay (Aube).

Le sol appartient à un plateau constitué par l'argile du Gault, mais il est recouvert par des dépôts de transport provenant en grande partie des terrains inférieurs remaniés par les eaux diluviennes.

D Prise à 960 mètres au N.-O.-N. de la commune d'Allogny (Cher).

Le sol géologique se compose d'assises successives de sable siliceux et d'argile apppartenant au terrain crétacé inférieur. Le sous-sol agricole est un mélange de sable et de silex, en fragments plus ou moins roulés, avec quelques mélanges de parties argileuses. Cette terre végétale représente à peu près celle qu'on trouve dans cette partie de la Sologne.

	A		B		C		D	
1° **Produits volatils.**	....	21,15	....	6,20	....	5,64	....	3,32
Eau	16,15		2,60		0,80		0,35	
Azote	0,07		0,13		0,11		0,11	
Autres produits	4,93		3,47		4,73		2,86	
2° **Cendres**	....	78,85	....	93,80	....	94,36	....	96,68
Résidu insoluble	71,99		84,98		86,25		93,15	
Peroxyde de fer et alumine	4,10		6,38		6,29		1,77	
Chaux	1,16		1,50		0,80		0,87	
Magnésie	0,32		0,13		0,52		0,48	
Acide phosphorique	0,16		0,06		0,03		0,02	
Potasse soluble	0,20		0,10		0,08		0,06	
Produits non dosés	0,92		0,65		0,39		0,33	
Somme	....	100,00	....	100,00	....	100,00	....	100,00

RUSSIE. — Le *tchernoïsem* ou terre noire de la Russie a été étudié de nouveau par M. le professeur Ilyenkow et analysé dans le laboratoire agricole de Pétrovsky.

A Sol d'une ancienne jachère du gouvernement de Samara (M. Vinogradow).
B Sol du village Mokovoe, gouvernement de Toula (M. Riazantsow).
B′ Sous-sol de la même localité (M. Levitsky).
C Sol de Konotop (M. Samolewsky).
C′ Sous-sol de la même localité, pris à $0^m,32$ de profondeur (M. Kotchkonogow).

		A	B	B′	C	C′
PARTIE SOLUBLE dans l'acide chlorhydrique à 1,15.	Silice	0,016	0,018	0,010	0,025	0,017
	Acide sulfurique	0,250	0,079	0,070	0,089	0,078
	— phosphorique	0,087	0,065	0,120	0,085	0,083
	— carbonique	4,033	0,014	0,230	0,028	0,026
	— chlorhydrique	0,083	0,005	0,130	»	»
	Oxyde de fer	3,395	0,921	3,130	0,708	1,875
	Alumine	1,880	0,688	1,690	0,687	1,891
	Oxyde de manganèse	0,289	»	0,090	»	0,163
	Chaux	3,874	0,209	0,680	0,599	0,702
	Magnésie	0,977	0,723	0,430	0,483	0,404
	Potasse	0,222	0,046	0,120	0,043	0,066
	Soude	0,013	0,051	0,140	0,024	0,005
	Eau et matières organiques	8,150	1,990	2,020	0,830	1,370
		23,269	4,809	8,860	3,601	6,680
PARTIE INSOLUBLE.	Silice soluble dans le carbonate de soude	13,968	2,256	9,710	4,628	»
	Silice insoluble	34,615	71,615	62,940	77,629	»
	Oxyde de fer	1,548	6,320 (Oxyde de fer et Alumine)	1,700	1,529	»
	Alumine	9,729		8,510	7,268	»
	Chaux	1,475	1,396	0,810	0,702	»
	Magnésie	0,127	»	0,050	0,291	»
	Potasse	1,526	1,835	2,320	1,034 (Potasse et Soude)	»
	Soude	1,493	1,396	1,520		
	Matières organiques détruites par calcination	11,874	8,440	3,530	5,758	»
Sur 100 de terre desséchée à 115°.	Carbone	6,955	»	1,320	1,498	»
	Hydrogène	1,116	»	0,480	»	»
	Azote	0,776	»	0,190	0,252	»

L'étude du *tchernoïsem* est particulièrement intéressante ; car, dans la Russie d'Europe seule, cette terre couvre l'énorme étendue de 95 millions d'hectares. Les analyses précédentes montrent que, malgré sa couleur noire foncée qui est bien caractéristique, elle n'a pas une proportion très-élevée de matières organiques. Son carbone est inférieur à 7 et son azote n'a pas dépassé 0,8 p. 100. Le *tchernoïsem* se laisse attaquer assez facilement par l'acide chlorhydrique, même à froid ; mais, en considérant seulement les éléments principaux qui sont alors dissous, la potasse reste comprise entre 0,23 et 0,04 ; l'acide phosphorique entre 0,12 et 0,05 : ces proportions de potasse et d'acide phosphorique n'ont donc rien d'exceptionnel.

Il est probable qu'on doit surtout attribuer la fertilité de la terre noire de Russie à sa grande épaisseur ; on doit l'attribuer aussi à la finesse de son grain, qui facilite son attaque et permet la décomposition lente et continue de ses silicates.

En outre il importe de remarquer que la composition minéralogique du *tchernoïsem* est très-variable. En effet, bien que la plupart des analyses donnent seulement des quantités très-minimes de carbonate de chaux et de magnésie, on voit que l'échantillon de Samara en renferme près de 9 p. 100.

D'un autre côté, M. Gœbel a trouvé jusqu'à 30 p. 100 de carbonate de chaux dans le *tchernoïsem* qui est superposé au terrain crétacé de la rive gauche du Volga.

C'est donc une nouvelle raison de penser que le *tchernoïsem* ne résulte pas d'un dépôt général, opéré au sein des eaux, mais qu'il s'est formé lentement sur place, par l'accumulation lente de débris végétaux et minéraux.

Lorsqu'on compare d'ailleurs le sol avec le sous-sol (B,B'; C,C'), on reconnait que le premier résiste mieux à l'acide que le deuxième ; il fournit moins de potasse et de chaux, moins d'oxyde de fer et d'alumine et même moins de silice soluble.

En résumé, le sol est moins attaquable que le sous-sol ; on peut du reste s'en rendre compte en observant que le sol est directement exposé à l'action de l'atmosphère et des pluies, qu'il contient plus d'humus et d'acides organiques et enfin qu'un air plus riche en acide carbonique doit y circuler.

Roches diverses.

Soufre.

CALAMAKI. — M. Petit-Bois (1) a étudié le gîte de soufre natif de Calamaki, en Grèce, près de l'isthme de Corinthe. Le dépôt du soufre, qui n'a lieu que dans le voisinage de la surface du sol, est dû à la décomposition du gaz hydrogène sulfuré, dont le dégagement se fait en abondance dans cette localité.

Eaux douces.

ERMENONVILLE. — Dans le parc d'Ermenonville (Oise), il existe, dans les sables moyens, une sorte de gouffre, ayant la forme d'un entonnoir, au fond duquel surgit une source artésienne naturelle A.

Dans une prairie, à l'amont du village de Ver, situé à quelque distance, une source B, qu'on se proposait d'utiliser pour l'alimentation de la ville de Dammartin, sort également des sables moyens, qui sont d'ailleurs recouverts par le calcaire lacustre et plus loin par le terrain de gypse.

Des eaux de ces deux sources, recueillies par M. Delesse, un même jour du printemps de 1877, ont été analysées par M. L. Durand-Claye au laboratoire de l'École des ponts et chaussées.

	DEGRÉ hydrotimétrique.	RÉSIDU DE L'ÉVAPORATION DE 1 LITRE.						
		SiO^2	Fe^2O^3 Al^2O^3	CaO	MgO	Matières combustibles.	CO^2 et produits non dosés.	Somme.
A	30°	0,031	0,016	0,184	0,029	0,016	0,180	0gr,456
B	39.	0,049	0,017	0,206	0,032	0,052	0,204	0gr,560

Ces sources sortent toutes deux des sables moyens et contiennent une assez forte proportion de matières en dissolution; toutefois, il y en a notablement moins dans celle d'Ermenonville, qui est artésienne et vient du fond, que dans celle de Ver, qui coule à la surface et reçoit des infiltrations provenant du calcaire lacustre et du gypse.

NANGIS. — Comme la ville de Nangis (Seine-et-Marne) est située sur les marnes du Gypse, ses eaux sont très-impures; celles qui sont formées par les puits peuvent même marquer plus de 130° à l'hydrotimètre. Quelques fontaines donnent cependant des eaux

(1) *Mém. Soc. géol. de Belgique*, IV, 66.

qui ne marquent pas plus de 20°. Voici le résultat de l'analyse faite à l'École des ponts et chaussées sur un litre d'eau puisée à l'une de ces fontaines :

Résidu.	Al^2O^3, Fe^2O^3	CaO	MgO	Alcalis.	Cl	SO^3	Eau et matières organiques.	Acide carbonique et produits non dosés.	Somme.
0,0[illegible]1	0,007	0,106	0,005	0,021	0,014	0,031	0,027	0,076	0gr,318

LYON. — Deux sources, destinées à l'approvisionnement de la ville de Lyon, ont également été analysées au laboratoire de l'École des ponts et chaussées :

A Source de Faroux, alimentée par le plateau Bressan. Elle marque 42° à l'hydrotimètre, contient beaucoup de chaux et donne, par l'évaporation, un résidu atteignant 0gr,627 par litre, en sorte qu'elle peut seulement être employée pour l'arrosage.

B Source Martinaz, venant des montagnes du Bugey. Elle donne une eau qui marque seulement 23° à l'hydrotimètre et qui est de bonne qualité.

	Résidu de la filtration par litre.	RÉSIDU DE L'ÉVAPORATION									
		Acide sulfurique.	Chlore.	SiO^2	Fe^2O^3, Al^2O^3	CaO	MgO	Alcalis.	Matières organiques et eau de combinaison.	CO^2 et produits non dosés.	Total.
A	0,008	0,034	0,033	0,026	0,004	0,198	0,020	0,075	0,100	0,137	0gr,635
B	0,007	0,006	0,002	0,008	0,002	0,102	0,006	0,023	0,033	0,069	0 ,258

Eaux salées.

ARAL, MER BLANCHE. — M. C. Schmidt (1) a examiné des eaux provenant : A de la mer d'Aral ; B de la Dwina à 1 kilomètre d'Arkangel ; C de la mer Blanche devant le cap Orlow, vers l'embouchure du Mezen. Il a déterminé leur densité et a trouvé pour leur composition sur 1.000 parties :

(1) *Jahresbericht für Chemie für* 1875 ; 1285.

	A	B	C
Densité.	1,0068	1,00022	1,0218
$CaOSO^3$.	134,99	5,02	102,95
$MgOSO^3$.	297,99	»	194,04
RbCl.	0,30	»	1,58
KCl.	11,15	1,98	49,36
NaCl.	623,56	3,90	2.230,35
$MgCl^2$.	0,03	»	269,44
$MgBr^2$.	0,33	»	4,37
$^3Ca, OPO^5$.	0,16	0,09	1,11
NaO, CO^2.	»	0,46	»
CaO, CO^2.	21,85	2,90	6,81
MgO, CO^2.	»	7,56	»
FeO, CO^2	0,22	0,16	0,51
SiO^2.	0,32	0,31	1,01
Somme	1,090,89	22,48	2.861,54

Ces analyses montrent combien la salure est faible dans la mer d'Aral et combien elle est diminuée dans la mer Blanche par les grands fleuves qui s'y déversent.

Eaux minérales.

BOURBOULE. — Une source minérale sort, à la Bourboule, d'une faille du granite et se fait jour près du contact de ce granite avec le tuf trachytique qui le recouvre. Sa température est de 56 degrés. Son analyse, faite sous la direction de M. Carnot au Bureau d'essai de l'École des Mines, a donné les résultats suivants qui sont rapportés à 1 litre :

As	CO^2 libre.	CO^2 des bicarbonates.	ClH	SO^3	SiO^2	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	LiO	Matières organiques.
0,0138	0,4034	1,2944	2,0320	0,1167	0,0340	0,0043	0,0720	0,0146	0,0769	2,5696	traces sensibles.	0,0140

Cette source nommée Perrière, du nom de la personne qui l'a découverte, contient plus d'arsenic que les autres sources connues jusqu'à présent à la Bourboule.

GETTYSBURG.—Les sources minérales de Gettysburg, en Pennsylvanie, contiennent de la lithine. L'analyse de l'une d'elles a été faite par M. Oldeberg (1), qui a trouvé, en centigrammes, dans un litre :

NaO, $2CO^2$	MgO, $2CO^2$	CaO, $2CO^2$	FeO, $2CO^2$	CaO, SO^3	NaO SO^3	KCl	LiO	SiO^2	Somme.
8,51	12,51	13,70	0,08	9,43	0,34	0,18	traces	0,29	45,04

(1) P. Lesley. *Second geological Survey of Pennsylvania*, 1875, C. 215.

Des analyses de M. le Dr Genth ont donné à peu près les mêmes résultats. Il suffit d'un litre pour bien reconnaître la lithine au spectroscope; et M. Genth, opérant sur une quantité plus grande de la source Katalysine, y a constaté de plus l'existence du fluor et de l'acide borique.

ÉQUATEUR. — D'après M. L. Dressel (1), les eaux minérales de la presqu'île Sainte-Hélène, qui produisent des volcans de boue, sont salées et contiennent du brome. Bien que leur température atteigne 45°, on y observe une multitude de petits poissons.

Les eaux minérales de la République de l'Équateur ont du reste une composition très-variée; le plus ordinairement elles sont riches en fer ou bien alcalines, ce qui se comprend puisqu'elles surgissent d'un sol volcanique.

Au cratère Quilotoa, dont la hauteur est de 3.570 mètres, les eaux minérales forment un petit lac salé dans une cavité cratériforme.

Anhydrite.

SEMMERING. — M. G. Tschermak (2) a signalé de l'anhydrite dans les gypses du Semmering, qui sont intercalés dans des schistes appartenant vraisemblablement au terrain silurien.

Phosphorite.

LOT. — Divers phosphates, provenant du département du Lot, ont été analysés à l'École des mines, sous la direction de M. Carnot.

Dans deux carrières de Concotz, canton de Limogne, leur richesse en chaux phosphatée a varié de 46 à 60 p. 100.

Les deux échantillons qui suivent proviennent, l'un A de Larnagol, l'autre B de Saint-Jean-de-Laur :

	SiO^2	Alumine insoluble dans les acides.	Alumine soluble dans les acides.	Fe^2O^3	CaO	MgO	PO^5	Perte par calcination.	Somme.
A	25,60	12,60	14,30	10,60	11,20	0,60	8,10	16,60	99,60
B	16,30	10,30	26,00	15,60	4,30	0,30	8,75	17,60	99,15

Observons que ces phosphates sont très-ferrugineux; ils contiennent de l'hydroxyde de fer en grains et ils ressemblent d'ailleurs à la Bauxite avec laquelle on les avait d'abord confondus. La grande proportion d'alumine qu'ils laissent dissoudre dans l'acide, paraî-

(1) *Estudio sobre algunas aguas minerales del Ecuador.* Quito, 1876.— *Revue de géologie*, XIII, 211.
(2) *Min. Mitth.* 1875, 309.

trait indiquer que cette base se trouve en partie à l'état de phosphate.

CACERES. — Les gîtes de chaux phosphatée qui sont riches et très-abondants dans la province de Cáceres, en Estramadure, ont été spécialement étudiés par MM. Egozcue y Cia et Lucas Mallada (1). La chaux phosphatée s'y montre sous des aspects très-différents : lorsqu'elle est à l'état d'apatite, elle a une structure bien cristalline, une couleur vert pâle et une densité qui varie de 3,41 à 3,04 : lorsqu'elle est à l'état de phosphorite, sa densité diminue et reste comprise entre 3 et 2,6 ; on y distingue alors les variétés palmée, testacée, compacte, terreuse et résinoïde.

On a fait, au laboratoire de l'École des mines de Madrid, un grand nombre d'analyses de la chaux phosphatée de la province de Cáceres, et voici les résultats obtenus pour les principales variétés :

I Apatite de la mine Seguridad, à Zarza la grande.
II Phosphorite palmée et cristalline, de la mine Fortuna, Zarza la grande.
III Phosphorite palmée et terreuse, de la mine San Salvador, Calerizo de Cáceres.
IV Phosphorite testacée, présentant des zones gris bleuâtre et jaune de miel et ressemblant à de l'agate, de la mine Confianza.
V Phosphorite terreuse de la mine Esmeralda, Cáceres.
VI Phosphorite terreuse de la mine Abundancia, Cáceres.

	$3CaOPO^5$	CaFl	Ca,Cl	CaO,CO^2	CaO,SO^3	Fe^2O^3	Mn^2O^3	Al^2O^3	SiO^3	HO	Perte.	Somme.
I	89,68	5,39	»	»	»	1,45	0,39	1,30	1,90	»	1,19	100,00
II	78,16	2,18	0,15	11,30	0,92	1,10	traces	traces	5,60	0,25	0,34	100,00
III	74,40	3,08	»	20,45	traces	0,50	traces	traces	1,10	0,05	0,42	100,00
IV	80,77	1,03	traces	17,00	traces	0,08	»	»	0,10	0,85	0,17	100,00
V	84,04	5,05	traces	»	traces	0,43	traces	traces	10,00	0,10	0,38	100,00
VI	40,78	2,51	traces	3,18	»	0,31	traces	»	52,66	0,30	0,36	100,00

D'autres analyses de phosphorite ont encore donné 75 p. 100 de chaux phosphatée pour la variété compacte et de 79 à 82 p. 100 pour la variété résinoïde.

Constatons maintenant que la chaux phosphatée de la province de Cáceres contient toujours du fluor et même du chlore ; c'est conforme à ce qu'on observe pour la chaux phosphatée lorsqu'elle a une origine interne ou filonienne. A l'état de phosphorite, elle renferme des proportions variables de silice et de carbonate de chaux ; quel-

(1) *Memorias de la comision del mapa geologico de Espana.*

quefois même un peu de sulfate de chaux. D'après la ressemblance de la phosphorite de Cáceres, qui est testacée, résinoïde ou terreuse, avec celle du Quercy, il est probable qu'on y trouverait aussi de l'iode.

La silice est le minéral le plus intimement associé à la chaux phosphatée de Cáceres; elle se montre sous les aspects les plus variés, quartz hyalin, quartz fibreux, calcédoine, agate, silex, silice terreuse. Elle peut former avec la phosphorite des concrétions allongées et creuses qui indiquent un dépot par dissolution.

Certains échantillons de la mine Gaditana, aux environs de Valencia, qui sont désignés dans le pays sous le nom de *porcelaine*, consistent en silex renfermant un peu d'oxyde de fer et d'alumine.

Après la silice, les gangues les plus importantes sont la chaux carbonatée et l'argile qui est souvent ferrugineuse.

Parmi les matières métalliques, citons les hydroxydes de fer et de manganèse qui deviennent même très-abondants dans certains filons : fréquemment aussi le fer oligiste micacé accompagne le quartz hyalin. On rencontre encore de la pyrite de fer, de la pyrite de fer arsenicale, de la chalkopyrite, du carbonate de cuivre, de la galène, etc.; dans le granite, il y a même de l'urane phosphaté vert émeraude. (Chalcolite.)

—*D'après* MM. Egozcue y Cia et Mallada, les filons de chaux *phosphatée* de la province de Cáceres s'observent dans le granite, dans les schistes cambriens ou siluriens ainsi que dans les calcaires dévoniens.

Dans le granite, bien que très-nombreux, ces filons ne paraissent pas avoir une grande importance au point de vue industriel; car leur épaisseur y est variable et, par exemple, un filon ayant 3 mètres de puissance peut se réduire à une veinule : en outre, leur composition minéralogique est également variable et c'est tantôt la chaux phosphatée, tantôt le quartz qui domine.

Parmi les filons de chaux phosphatée encaissés dans les schistes paléozoïques, il convient de mentionner spécialement celui nommé Costanaza, qui se trouve aux environs de Logrozan : il a été suivi sur une longueur d'à peu près 6 kilomètres et il est exploitable sur l'étendue de 1 kilomètre. Sa puissance peut atteindre 11 mètres et en moyenne elle s'élève à 2 mètres. Son rendement en chaux phosphatée est environ de 37 p. 100.

La chaux phosphatée qui est encaissée dans les calcaires dévoniens s'y montre, soit en filons irréguliers, soit en amas; elle se rencontre seulement vers le contact de ces calcaires avec les schistes

paléozoïques sous-jacents. On l'exploite aux environs de la ville de Cáceres. A La Alizeda, elle contient peu de quartz et elle est spécialement associée à de l'argile rouge ferrugineuse, comme celle qui accompagne la phosphorite du Quercy.

Les caractères minéralogiques et géologiques de la chaux phosphatée de la province de Cáceres, indiquent bien qu'elle a été déposée par des sources thermales et minérales venant de l'intérieur de la terre. L'abondance du quartz dans ses gîtes peut être attribuée à une dissolution de silice opérée par le passage de ces sources à travers des roches très-siliceuses, comme le granite et les roches paléozoïques. D'un autre côté, lorsque la chaux phosphatée est encaissée dans des calcaires, il est naturel que sa gangue présente moins de quartz et au contraire plus d'argile et plus de chaux carbonatée. Les filons irréguliers et les amas qu'elle forme dans les calcaires résultent sans doute de la dissolution que l'acide carbonique ou sulfhydrique des sources thermales a opérée dans la roche encaissante.

Observons d'ailleurs que, dans cette région de l'Espagne, l'émersion de sources riches en acide phosphorique parait s'être continuée jusqu'à l'époque actuelle. En effet, dans la Sierra de Béjar, aux bains de Montemayor, des sources sulfureuses surgissent dans le granite. L'une d'elles, ayant une température de 42°, a été analysée par MM. Moreno et Lletget : le résidu de son évaporation ne contenait pas moins de 9,7 p. 100 d'acide phosphorique; il renfermait en outre 23,9 de silice, du chlorure de sodium, du sulfate de soude, de la potasse, de la chaux, de l'oxyde de manganèse ainsi que 11,1 d'une matière organique azotée.

Cette source sulfureuse de Montemayor est riche en acide phosphorique et ce dernier s'y trouve encore associé à de la silice; par conséquent elle montre bien comment les gîtes de chaux phosphatée de l'Estramadure ont dû se former aux époques antérieures.

Caroline du Sud. — M. Leidy (1) a signalé le curieux mélange d'ossements appartenant à diverses époques qui caractérise les couches de phosphate de la rivière Ashley, dans la Caroline du Sud. Les nodules phosphatés paraissent dériver des couches éocènes sous-jacentes, desquelles proviennent aussi des vertébrés marins, surtout des squalodontes, des reptiles et des poissons. Mélangés, dans le sable et l'argile, avec les nodules, sont d'innombrables débris de cétacés, de requins et autres animaux marins du tertiaire supé-

(1) *Americ. Journ.* [3], XII, 222. — *Revue de géologie*, X, 47 et XI, 42.

rieur; enfin on y trouve aussi une multitude de restes d'animaux quaternaires marins ou terrestres. Les genres Carcharodon, Elephas, Mastodon, Megatherium, Equus y sont représentés.

Roches calcaires.

Calcaire.

LOMBARDIE.—On nomme *majolica*, dans la Lombardie, un calcaire blanc, d'aspect terreux, à cassure conchoïde, qui représente le terrain néocomien. Voici, d'après M. Curioni, la composition d'une *majolica* de San Biagio :

CaO, CO^2	SILICE insoluble.	SILICE soluble.	Al^2O^3,Fe^2O^3	EAU et perte.	Somme.
98,2	0,3	0,3	0,3	0,9	100,0

La *majolica* est donc un calcaire très-pur; aussi l'exploite-t-on activement pour la verrerie et pour d'autres usages industriels.

Calcaire glauconieux.

M. Sollas (1) a étudié au microscope les grains de glauconie du grès vert de Cambridge. Il a cru reconnaître que soit les granules irréguliers, soit ceux qui affectent la forme de moules de foraminifères, offrent les caractères de craie marneuse transformée en glauconie. La présence de la matière animale paraît avoir été nécessaire à cette transformation, car les parois calcaires des foraminifères en ont été exemptes.

La glauconie n'est pas cristallisée, mais simplement cryptocristalline. Son mode de formation semble tout à fait analogue à celui des silex et des nodules phosphatés. La matière animale des foraminifères n'ayant pas dû suffire, selon M. Sollas, pour produire cette transformation, l'auteur fait intervenir l'action d'une infinité d'organismes mous, appartenant aux protozoaires, et qui devaient être disséminés dans toute la masse de la marne crayeuse.

Calcaire argileux.

Les analyses de divers calcaires argileux propres à la fabrication de la chaux hydraulique et de ciments ont été faites par M. L. Durand-Claye au laboratoire de l'École des ponts et chaussées.

RÉ. — Mentionnons d'abord des calcaires oxfordiens, pris dans plusieurs carrières de l'île de Ré :

(1) *Geol. Mag.*, 1876, 593.

A à Chauchardon; — B à la Couma; — C à Grignon; — D à Loix.

	RÉSIDU insoluble dans les acides.	Fe^2O^3 Al^2O^3	CaO	MgO	HO CO^2 et produits non dosés.	Somme.
A	12,35	1,75	46,50	0,85	38,55	100,00
B	8,85	1,60	48,10	0,80	40,65	100,00
C	10,15	1,40	47,90	0,70	39,85	100,00
D	16,85	1,55	43,45	0,60	37,55	100,00

En outre, les marnes oxfordiennes de l'île de Ré sont utilisées pour fabriquer des ciments.

A et B viennent de la carrière de Chauchardon ;

C et D de la Couma; E et F de Grignon; G et H de Loix.

A, C, F, H sont propres à la fabrication du ciment Portland, tandis que B, D, E, G, qui sont plus riches en argile, servent au ciment romain.

	RÉSIDU insoluble dans les acides.	Al^2O^3 Fe^2O^3	CaO	MgO	HO CO^2 et produits non dosés.	Somme.
A	19,45	2,75	40,05	1,05	36,70	100,00
B	28,45	3,35	33,45	1,30	33,45	100,00
C	18,20	2,55	41,85	0,75	36,75	100,00
D	31,35	2,40	33,30	0,85	32,10	100,00
E	29,35	1,90	34,35	0,85	33,55	100,00
F	21,75	1,70	39,80	0,80	35,95	100,00
G	25,45	1,70	37,95	0,65	34,25	100,00
H	22,70	2,65	39,30	0,35	35,00	100,00

NIEUL-SUR-MER. — A 5 kilomètres au N.-O. de la Rochelle, à Nieul-sur-Mer, on exploite des calcaires oolithiques argileux qui appartiennent au terrain jurassique moyen ; ils sont utilisés comme moellons et surtout comme matériaux hydrauliques.

D'après les deux analyses suivantes, A fournit une chaux éminemment hydraulique et B une chaux-limite, pouvant, par une cuisson convenable, donner du ciment Portland :

	RÉSIDU insoluble dans les acides.	Al^2O^3 Fe^2O^3	CaO	MgO	HO CO^2 et produits non dosés.	Somme.
A	18,85	1,45	42,10	0,60	37,00	100,00
B	21,75	2,30	40,10	0,75	35,10	100,00

HÉRAULT. — De même que dans le sud-est de la France, le terrain néocomien du département de l'Hérault fournit un calcaire produisant de la chaux éminemment hydraulique. Voici les analyses de deux échantillons dont l'un A provient de Montaulieu et l'autre B de Saint-Bauzile du Putois :

	A	B
Résidu insoluble dans les acides. . .	18,60	15,80
Fe^2O^3, Al^2O^3.	1,20	3,70
CaO.	43,50	42,20
MgO.	0,50	0,70
Acide sulfurique.	traces	traces
Perte au feu.	36,20	37,60
Somme.	100,00	100,00

LOMBARDIE. — M. Curioni (1) a fait connaître la composition de divers calcaires qui contiennent de 20 à 30 p. 100 d'argile et donnent des chaux fortement hydrauliques. Ils appartiennent au trias avec Gervillia bipartita, à l'infralias avec Avicula contorta, au lias supérieur, et au crétacé supérieur.

Le même savant a encore analysé des calcaires de Lombardie qui contiennent 30 à 40 p. 100 d'argile et par suite sont propres à la fabrication des ciments. Ils s'exploitent dans les mêmes terrains que les calcaires argileux précédents.

Citons, en particulier, les analyses suivantes données par M. Curioni :

A Infralias avec Avicula contorta, du val Lumezzana. On en fait de la chaux hydraulique.

B Calcaire noir très-argileux, appartenant à la craie moyenne de Brivio. On en fabrique du ciment.

C Dolomie très-argileuse du trias supérieur de Goveno. Elle fournit un ciment très-magnésien qu'il serait possible d'essayer dans les travaux à la mer.

	CaO,CO²	MnO	Argile inattaquée.	SiO², Al²O³, Fe²O³	Eau	Somme.
A	73,1	traces	21,0	3,2	1,3	98,6
B	44,2	»	51,0	3,0	1,2	99,4
C	37,8	16,6	42,1	1,3	2,2	100,0

Calcaire magnésien.

CAMPBON. — Le calcaire éocène de Campbon (Loire-Inférieure) est employé pour la fabrication du ciment. D'après une coupe dressée récemment par M. G. Vasseur (2), les couches exploitées sont immédiatement au-dessous d'une argile magnésienne verte et environ à 2 mètres au-dessus du calcaire grossier, rougeâtre et très-coquillier qui contient le grand cérite, nommé Cerithium parisiense. Elles sont formées par un calcaire blanc, sans fossiles,

(1) *Geologia applicata delle provincie Lombarde*, II, 45.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 166.

dans lequel on distingue deux bancs, A et B, le premier friable, le deuxième solide. Le ciment étant obtenu par leur mélange avec l'argile magnésienne verte qui les recouvre, il est utile de donner ici son analyse C ainsi que celle du ciment fabriqué D : ces diverses analyses ont été faites par M. L. Durand-Claye au laboratoire de l'École des ponts et chaussées.

	SiO^2	Argile insoluble dans les acides.	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	SO^3	Perte au feu.	Produits non dosés.	Somme.
A	»	3,65	2,10		30,60	14,45	»	49,20		100,00
B	»	5,35	2,90		35,75	10,20	»	45,80		100,00
C	16,10	»	11,80		15,20	6,70	»	50,20		100,00
D	14,80	»	4,60	8,00	47,30	24,30	0,60	»	0,40	100,00

On voit que les calcaires A et B de Campbon renferment de la magnésie ; or, comme nous l'avons constaté précédemment (1), les caillasses ou marnes blanches recouvrant le calcaire grossier parisien, en renferment également, et c'est une première raison pour synchroniser les deux dépôts. M. Hébert et M. G. Vasseur en font d'ailleurs valoir d'autres qui sont tirées de la comparaison de la faune de Campbon avec celle du calcaire grossier supérieur de Paris, de laquelle elle se rapproche beaucoup.

En ce qui concerne la fabrication du ciment par le calcaire magnésien de Campbon, nous observerons que la composition de ce calcaire est très-variable, tandis que celle de l'argile verte supérieure C reste à peu près constante ; en outre cette argile contient plus de 6 p. 100 de magnésie.

La grande proportion de magnésie contenue dans le ciment D est surtout très-remarquable ; car le poids de la magnésie s'élève à moitié de celui de la chaux.

D'un autre côté la proportion de silice du ciment est faible, en sorte qu'il durcit en formant un silico-aluminate de chaux et de magnésie qui est hydraté. Sa résistance à l'arrachement est à peu près la même que celle du ciment Portland, bien que sa composition chimique soit très-différente.

La grande richesse en magnésie du ciment de Campbon porte à se demander s'il ne pourrait pas être employé pour les travaux à la mer (2).

(1) *Revue de géologie*, IV, 55 ; V, 66 ; VII, 75.

(2) Delesse, *Rapport sur les matériaux de construction de l'exposition universelle de* 1855.

LOMBARDIE. — M. J. Curioni (1) a également donné la composition d'une cargneule du Val Morina; c'est un calcaire dolomitique, farineux, blanc légèrement jaunâtre, qui forme le troisième étage du terrain triasique inférieur des Alpes lombardes :

CaO,CO^2	MgO,CO^2	Sable quartzeux très-fin.	Silice soluble.	Al^2O^3 Fe^2O^3	Perte et matières organiques.	Somme.
68,0	22,9	6,5	0,6	1,4	0,6	100,0

Dolomie.

VELLO. — Une dolomie blanc jaunâtre, qui s'exploite à Vello, présente, d'après le même auteur (2), la composition suivante :

CaO,CO^2	MgO,CO^2	Silice et argile.	Fe^2O^3 Al^2O^3	Somme.
55,2	43,2	0,3	0,4	99,1

Cette dolomie, qui est presque pure, est utilisée dans la province de Brescia comme pierre à bâtir; on en fabrique aussi de la chaux qui, malgré sa grande richesse en magnésie, est très-utilement employée en agriculture. La dolomie du Vello appartient au terrain triasique supérieur et son niveau géologique est celui de la dolomie d'Esino, étudiée par M. l'abbé Stopani et caractérisée par l'Avicula exilis.

Calcaire cristallin.

NEVADA.—Dans le district Kinsley, Nevada, M. Zirkel (3) signale un beau marbre grenu. Lorsqu'on examine ses grains au microscope, on voit des stries bien nettes qui proviennent des mâcles de la calcite et il y a surtout un grand nombre d'inclusions fluides: ces dernières atteignent 0,004 de millimètre; elles présentent habituellement une bulle mobile qui ne disparait pas à la température de 100° et qui est sans doute enveloppée par de l'eau contenant de l'acide carbonique.

Roches siliceuses.

L'examen minéralogique des grès et des roches siliceuses permet souvent de reconnaître l'origine de leurs débris, même lorsqu'ils sont assez petits pour qu'il soit nécessaire d'avoir recours au microscope.

(1) *Geol. applicata delle provincie Lombarde*, Milan, 1877, I, 122.
(2) *Idem*, II, 38.
(3) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 38.

Par exemple, dans un conglomérat carbonifère du Nevada, M. Zirkel (1) a observé des grains anguleux de lydienne noire et brune, du hornstone et du quartz. Or, comme ce quartz renferme des inclusions liquides ainsi que des lamelles de mica, on peut en conclure qu'il provient de la destruction de roches granitiques ou de schistes cristallins.

Silex.

MM. Hull et Hardman (2) ont recherché l'origine des noyaux et des couches de silex (*chert*) parfois si abondants au milieu du calcaire carbonifère supérieur d'Irlande. Ce calcaire est très riche en organismes marins, tels que polypiers et crinoïdes, dont on voit les détails se poursuivre sans altération à travers les nodules siliceux. La pâte siliceuse de ces derniers est formée par de la silice à l'état gélatineux, qui doit avoir été introduite après coup dans la pâte calcaire en grande partie constituée par des foraminifères. Cette substitution, suivant MM. Hull et Hardman, aurait eu pour cause l'infiltration, au milieu des calcaires récemment déposés, d'eaux chaudes venant de la surface et empruntant la silice aux terrains siliceux déjà émergés.

Dans cette hypothèse il est toutefois difficile d'expliquer comment une infiltration verticale pourrait former des couches horizontales présentant l'étendue, l'épaisseur et surtout la régularité des couches de silex. Il est beaucoup plus naturel d'admettre qu'elles proviennent d'un dépôt contemporain de silice, comme celui qui est produit par les spongiaires, les globigérines et les organismes siliceux. Un pareil dépôt n'excluait pas d'ailleurs des infiltrations siliceuses locales, pouvant venir tantôt d'en haut et tantôt d'en bas.

Tripoli.

SAINT-CYR. — Nous avons décrit la silice friable et soluble qui forme des rognons blancs dans l'argile magnésienne de la base des meulières de Beauce, au fort de Saint-Cyr (3). Au microscope cette silice présente des diatomées et, d'après ses propriétés, on peut la considérer comme une variété de tripoli.

Elle contient aussi de petits gastéropodes qu'il est facile d'isoler par une lévigation.

M. Munier Chalmas a fait l'étude de ces gastéropodes et a

(1) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 262.
(2) *Geolog. Society of Ireland*, 1876. — *Geol. mag.*, 1877, 418.
(3) *Revue de géologie*, XIV, 66.

constaté qu'ils appartiennent à la Bithynia Dubuissoni ainsi qu'à la famille des Valvées; il y a même distingué un genre qu'il regarde comme nouveau et qu'il nomme Heterovalvata; il appelle Heterovalvata Delesseï l'espèce du fort de Saint-Cyr. Les mêmes valvées (1) ont du reste été retrouvées par M. G. Dollfus dans les couches fluvio-lacustres de Bessancourt (Seine-et-Oise), qui appartiennent également aux meulières de Beauce.

BAVIÈRE. — M. C. W. Gümbel (2) a donné la composition d'un schiste tendre, de Burgstall près Traunstein, qui appartient à une sorte de tripoli :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MnO	MgO,CO^2	CaO,CO^2	KO	NaO	PO^5	Matières organiques et eau.	Somme.
63,94	16,92	4,22	traces	0,81	5,27	0,46	0,18	0,32	8,42	100,54

Ce schiste, qui est blanc et friable comme de la craie, se compose en grande partie de carapaces siliceuses de diatomées et de radiolaires, particulièrement de coscinodiscus. Avec une lessive de potasse chaude, on dissout d'abord 14 p. 100 de silice des diatomées; puis, avec une lessive concentrée, on dissout encore 11 p. 100 de silice des radiolaires et aussi une partie de la matière organique bitumineuse.

Ce schiste à diatomées contient en outre des débris de poissons, et, d'après M. Gümbel, on doit le considérer comme le représentant géologique des couches de Saucats.

Silice argileuse.

SAVOIE. — Des gisements d'une terre réfractaire siliceuse, appartenant au terrain tertiaire, ont été examinés par M. l'abbé Vallet et par M. Delesse.

L'un d'eux est exploité depuis vingt ans sur le plateau de Saint-Jean-de-Couz, près du village de Côte-Barrier, à 630 mètres au-dessus du niveau de la mer et à 14 kilomètres au sud-ouest de Chambéry. Il occupe une surface d'environ 2.000 mètres carrés et son épaisseur moyenne est 7 à 8 mètres.

Ce dépôt n'est pas homogène dans toute sa masse. En général, c'est une sorte d'argile siliceuse, plastique, complétement dépourvue de carbonate de chaux et ayant une couleur blanc grisâtre. Elle

(1) *Valvatis disjuncta*, G. Dollf.
(2) *Die geognostische Durchforschung Bayerns*, 1877.

empâte des concrétions siliceuses, mamelonnées ou irrégulièrement polyédriques, dont la grosseur varie depuis celle d'un grain de blé jusqu'à celle d'un œuf; sur divers points, il y a même des lits de silex gris bleuâtre, en rognons mamelonnés qui mesurent de 1 à 3 décimètres cubes. En outre on observe des lentilles, des filons ou des veines qui sont formées d'argiles, vertes, rouges, brunes, et doivent leurs nuances bariolées aux oxydes de fer ou de manganèse dont elles sont imprégnées.

Les gisements de terre réfractaire exploités dans le voisinage des Échelles et de Saint-Laurent-du-Pont sont au nombre de quatre. Deux sont situés sur la commune de Saint-Jean-de-Couz; le troisième, découvert depuis plusieurs années, se trouve sur la rive gauche du Guiers-Vif, près le hameau du Chatelard; le quatrième est près de Voreppe, sur la route de Saint-Laurent-du-Pont au chemin de fer (1).

D'après des analyses communiquées par l'exploitant M. Millioz, voici la composition, d'ailleurs assez variable, de la silice argileuse qu'ils fournissent :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	HO	Somme.
Saint-Jean-de-Couz.	85,23	11,12	0,41	traces	3,24	100,00
Idem.	76,54	18,21	traces	traces	5,25	100,00
Saint-Christophe (Savoie).	76,58	19,11	traces	traces	4,31	100,00
Saint-Christophe (Isère). .	80,23	16,12	traces	traces	3,65	100,00

Ces divers lambeaux de terre réfractaire argilo-siliceuse occupent le même niveau géologique. Ils reposent, comme on le voit très-bien, à Saint-Jean-de-Couz, sur les dalles d'un calcaire glauconieux qui représente la craie supérieure dans les montagnes de la Savoie; d'un autre côté, ils s'enfoncent sous la molasse marine, caractérisée par de nombreuses dents de squales, avec pecten substriatus, ostrea crassissima, echinolampas hemisphæricus, etc.

Sous le rapport stratigraphique, ils semblent correspondre à certaines brèches lacustres, à ciment calcaréo-ferrugineux, se trouvant fréquemment en Savoie à la base de la molasse marine, et se rapprochant par leurs fossiles des calcaires d'eau douce supérieurs aux grès de Fontainebleau.

Quant à l'origine de ces dépôts argilo-siliceux, elle paraît devoir être attribuée à des eaux geysériennes de l'époque tertiaire.

(1) Lory : *Description géologique du Dauphiné*. — Voir aussi *Carte géologique du département de la Savoie*, par Lory, L. Pillet et l'abbé Vallet.

Loess siliceux.

CHINE.—Comme l'a reconnu M. le baron de Richthofen, le *loess* occupe de vastes étendues dans le nord de la Chine, et il y atteint aussi de grandes épaisseurs. M. Léon Rousset l'a observé récemment dans le bassin du fleuve Jaune (Houang-Ho), où il donne une terre légère, très-facile à travailler et très-fertile. Les Chinois y creusent des habitations qui sont suffisamment saines et sèches et analogues à celles du tufau de la Touraine. Ils y creusent aussi de longues galeries à ciel ouvert, qui servent au passage des routes; le fond de ces galeries est presqu'au niveau des vallées, tandis que leurs parois, taillées verticalement, peuvent atteindre une grande hauteur.

Un échantillon de *loess* rapporté par M. Léon Rousset de King Tcheou, dans la province de Kan-Sou, a été analysé par M. Jousselin, dans le laboratoire de M. Cahours à l'École polytechnique. C'est une poudre jaune, légèrement brunâtre, très-fine, essentiellement composée de silice qui est à l'état de quartz et plus ou moins cimentée. On y distingue de menues paillettes, blanches, appartenant au mica, et accidentellement des débris végétaux.

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	CO^2	Matières solubles.	Eau.	Somme.
76,50	5,43	0,84	6,03	2,06	5,71	0,20	0,74	97,51

La lévigation de ce *loess* opérée sur 50 grammes a donné :

Silice grenue.	61,5	Argile siliceuse.	24,7
Silice fine.	12,2	Somme.	98,4

Quant aux matières salines immédiatement solubles dans l'eau, elles consistaient en sels déliquescents, ayant une saveur amère et formés surtout de chlorures de magnésium et de sodium. On y a trouvé de plus des traces de chaux, ainsi que d'acides sulfurique et nitrique.

Toutes les eaux ayant filtré à travers le *loess* sont désagréables à boire, et M. Rousset a constaté que les Chinois en retirent le sel nécessaire à leur consommation, en les laissant s'évaporer dans des marais salants.

Le *loess* du nord de la Chine est donc un sable quartzeux, très-fin, peu argileux, plus ou moins cimenté par des carbonates de chaux et de magnésie ainsi que par 2 millièmes de matières salines. Sa fertilité indique qu'on y trouverait en outre du phosphate de chaux, si l'on en faisait spécialement la recherche. Sa teneur en silice est bien supérieure à celle du *loess* du Rhin qui peut s'abaisser à près

de 50 p. 100; mais elle paraît se rapprocher assez de celle du *loess* du Nebraska (1).

Malgré la constance de ses caractères géologiques et physiques, le *loess* présente d'ailleurs de grandes variations dans sa composition minéralogique et chimique, même lorsqu'on l'étudie sur une petite étendue. C'est en particulier ce que nous avons constaté pour celui du bassin de Paris.

COLUMBIA. — La composition d'une sorte de *loess* sableux provenant des environs de Columbia, dans l'État du Missouri, a encore été déterminée par M. C. Schweitzer (2).

Désigné, dans le pays, sous le nom de *Bluff*, il fournit, comme en Chine et en Europe, une terre végétale qui est très-fertile.

SiO^2	Fe^2O^3.	Mn^2O^3	Al^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	PO^5	CO^2	Cl	HO	Somme.
77,71	3,08	0,23	10,23	0,37	0,27	0,57	1,53	0,02	0,64	traces	5,74	100.39

Quartzite.

PENNSYLVANIE. — Un quartzite des Chiquers a été analysé par M. M' Creath.

D'après M. Persifor Frazer Jr (3), cette variété de quartzite est bien développée dans les collines s'étendant d'York au Susquehanna. Son grain est très-fin et il peut être cimenté assez complétement pour ne plus se distinguer, même sous le microscope; la roche devient alors compacte. Quant à sa couleur, elle est rouge de chair, jaune et quelquefois complétement blanche.

SiO^2	Fe^2O^3	Al^2O^3	CaO	MgO	Somme.
97,10	1,25	1,39	0,18	0,13	100,05

M. Genth a également étudié le quartzite de Pennsylvanie dans lequel, sous un fort grossissement, il a distingué du quartz en fragments anguleux et en grains arrondis, de la magnétite ainsi que deux silicates dont l'un est brun et paraît être du grenat, tandis que l'autre est sans doute un mica se rapportant à la damourite ou à ces micas hydratés, onctueux et riches en alumine, qui sont si caractéristiques des schistes cristallins. Un essai fait par M. Genth lui a montré, en effet, qu'un échantillon de quartzite, de Kneedler Mill, renfermait 1,05 de potasse, 0,78 de soude et 2,36 p. 100 d'eau.

(1) *Revue de géologie*, XI, 51; XIV, 73.
(2) *Jahresb. d. Chemie für* 1873, 1304.
(3) P. Lesley, *Second geol. Survey of Pennsylvania*, C. 1874, 109.

Roches argileuses.

Argile comestible.

FLORIDE. — Au voisinage de Pensacola (Floride), les naturels recherchent des terres, utilisées comme comestibles, qui ne sont autre chose que des argiles plus ou moins sableuses. MM. Bussy (1) et Personne en ont fait l'examen et l'une de ces argiles étant traitée par l'eau chaude, a abondonné jusqu'à 5 p. 100 de son poids, consistant en

Sulfate de fer.	2,50	Matière organique.	0,30
Sulfate d'alumine.	1,45	Eau.	0,25
Sulfate de chaux.	0,40		

Ces sulfates résultent de l'oxydation des pyrites contenues dans l'argile; leur proportion élevée montre qu'ils ont dû se former surtout depuis l'extraction et que l'argile comestible ne saurait être utilisée à cet état sans danger pour l'économie.

Comme toutes les substances argileuses, les argiles comestibles de la Floride contiennent des matières organiques et leur carbone a varié de 0,06 à 0,58; on y trouve aussi de l'azote (2).

L'analyse d'une de ces argiles, qui avait une couleur rose, a été faite au laboratoire de l'École des ponts et chaussées et a donné :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	Alcalis.	Perte au feu.	Somme.
63,25	20,85	5,60	0,55	0,40	0,50	9,70	100,85

En rapprochant les recherches de M. Bussy de celles qui ont été exécutées précédemment, on voit que la composition minéralogique des terres comestibles est extrêmement variable : en effet, ces terres peuvent être siliceuses, comme la farine fossile avec diatomées; ou bien argileuses comme celles de la Floride; ou formées de paillettes de mica comme en Laponie; ou enfin calcaires, comme celle du Steppe Kirman, en Perse, qui contient plus de 66 p. 100 de carbonate de magnésie avec du carbonate de chaux et des sels alcalins (3).

Argile réfractaire.

PENNSYLVANIE. — Des argiles réfractaires du terrain carbonifère de Pennsylvanie ont été analysées par M. Morrell (4).

(1) *Comité consultatif d'hygiène publique de France*, VI, 1877.
(2) Delesse : *De l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre.*
(3) *Revue de géologie*, XII, 41.
(4) P. Lesley : *Second geological Survey of Pennsylvania*, 1875. H. II., p. 118.

L'une de ces argiles (A) est exploitée dans le comté Cambria; l'autre (B) vient du comté Clearfield :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	Mn^2O^3	TiO^2	CaO	MgO	Alcalis.	EAU et matière organique.	Somme.
A	68,82	20,85	2,79	0,66	»	0,82	0,23	»	5,83	100,00
B	43,35	37,55	2,14	»	2,82	0,08	0,23	0,23	14,17	100,57

L'argile réfractaire de Cambria renferme un peu de manganèse, mais n'a pas trace d'acide titanique; d'un autre côté, dans celle de Clearfield, il y a toujours un peu d'acide titanique dont la proportion varie de 0 à près de 3 p. 100.

Kaolin.

Gavaudun. — On trouve dans le département du Lot-et-Garonne, du kaolin qui remplit des poches fort irrégulières et dont le gisement est analogue à celui de minerais de fer qui lui sont d'ailleurs associés. Entre Gavaudun et Cuzorn, en particulier, une de ces poches contenait environ 50 mètres cubes d'un kaolin blanc, compacte, argileux, très-fin et extrêmement doux au toucher. L'analyse de deux échantillons en a été faite par M. Durand-Claye, au laboratoire de l'École des ponts et chaussées :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	EAU et matière non dosée.	Somme.
I	48,00	35,20	1,60	0,60	1,00	13,60	100,00
II	47,90	33,90	2,50	0,90	0,60	14,20	100,00

On a trouvé de plus des traces d'acide stannique, résultat facile à comprendre, si l'on admet que ce kaolin ait une origine interne et qu'il provienne de la destruction souterraine de quelque granite stannifère du plateau Central.

Lombardie. — M. Curioni (1) a donné la composition de deux argiles kaoliniques de la Lombardie : l'une A, qui est de couleur un peu bigarrée, résulte de la décomposition du porphyre de Bagiolino, et s'emploie pour la fabrication de la poterie; l'autre B a été formée par la décomposition d'un porphyre labradorique du Val Marmentino.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	Perte au feu.	Somme.
A	78,84	11,56	4,10	»	»	4,12 *	98,62
B	60,20	26,52	1,97	0,86	traces	8,50	98,05

* Matière organique : 2,62.

(1) *Geol. applicata delle provincie Lombarde*, 209.

Thuringe. — M. E. E. Schmid (1) a fait, avec le concours de M. le Dr Herold, une étude des kaolins de la Thuringe, que l'on exploite sur une grande échelle pour la fabrication de la porcelaine. Dans la plupart de leurs gisements, ces kaolins forment des couches appartenant à la partie moyenne du grès bigarré et il est permis de croire qu'ils ont une origine interne.

Le kaolin proprement dit a été obtenu en soumettant la roche naturelle à une lévigation, de manière à en séparer les grains de quartz et les débris mélangés; il a été attaqué par l'acide sulfurique surchauffé, et le tableau suivant donne les résultats trouvés pour sa densité et pour sa composition.

A Kaolin d'Eisenberg (*Chamotte Thon*).

Il a au moins une vingtaine de mètres d'épaisseur. On l'emploie spécialement pour les objets d'ornements désignés en Allemagne sous le nom de *Chamotte* et aussi pour la fabrication des capsules. Il contient très-peu de chaux, de magnésie et d'alcalis, dont la proportion reste même inférieure à 0,01 p. 100; mais il a beaucoup d'oxyde de fer qui lui donne une couleur jaune ou rougeâtre. Le résidu non attaqué par l'acide sulfurique consiste essentiellement en quartz très-fin; et l'on trouve que l'hydrosilicate d'alumine attaqué présente la composition du kaolin bien connu d'Aue près Schneeberg.

B Kaolin de Weissenfels.

On le sépare par lévigation d'un grès kaolinique grossier de couleur blanche.

C *Kaolin de* Pitzschendorf.

L'argile qui le fournit est ferrugineuse et présente une couleur rouge très-vive, avec des veines et des taches blanches; de plus, elle contient une proportion notable de carbonates; elle ménage en quelque sorte la transition avec les marnes du grès bigarré supérieur, désignées dans le pays sous le nom de *Röth*.

Par la lévigation de cette argile, qui est bien plastique, on sépare environ 14 p. 100 de quartz mélangé de lamelles de mica et l'on obtient le kaolin dont la densité et la composition sont données par le tableau qui suit.

D Kaolin de Martinrode.

La roche qui le fournit est blanc de neige, peu friable et fait effervescence avec les acides. Par la lévigation, on en sépare un sable quartzeux et du mica.

	Densité.	Résidu non attaqué.	SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	CO^2	Somme.
A	2,50	26,42	33,74	24,96	4,55	»	»	»	»	»	9,49	»	99,16
B	2,60	»	53,20	31,80	1,10	»	1,00	0,30	0,50	»	11,80	»	99,70
C	2,65	15,30	37,20	31,20	6,90	1,20	0,90	0,30	0,60	0,30	5,30	0,90	100,10
D	2,65	25,30	40,40	22,00	1,50	»	1,20	0,80	0,80	0,20	6,70	1,30	100,20

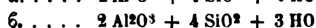
(1) *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, XXVIII : 87.

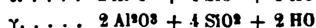
M. Schmid a d'ailleurs examiné au microscope les kaolins de la Thuringe et a reconnu qu'ils sont essentiellement formés de lamelles brisées et usées, paraissant provenir de micas.

Les analyses précédentes montrent que leur composition n'est pas constante; mais cela tient sans doute à des différences dans leur état d'altération; car on peut les considérer comme des pseudomorphoses produites par des actions à la fois mécaniques et chimiques : quoi qu'il en soit, ce sont des hydrosilicates d'alumine que M. Schmidt distingue d'une manière générale sous le nom de *Kaolinites*.

La *kaolinite* d'Eisemberg serait du reste représentée par la formule α qui est aussi celle de la *kaolinite* type d'Aue; celle de Weissenfels β contiendrait seulement les trois quarts de l'eau de la précédente et celle de Pitzschendorf γ n'en contiendrait plus que moitié. En outre la *kaolinite* de Martinrode aurait pour formule δ. En définitive M. Schmid admet quatre formules ou quatre espèces différentes pour les *kaolinites* de la Thuringe :


α. . . . . $2\,Al^2O^3 + 4\,SiO^2 + 4\,HO$


β. . . . . $2\,Al^2O^3 + 4\,SiO^2 + 3\,HO$


γ. . . . . $2\,Al^2O^3 + 4\,SiO^2 + 2\,HO$


δ. . . . . $2\,Al^2O^3 + 6\,SiO^2 + 4\,HO$

Schiste.

CORNOUAILLES. — M. J. A. Phillips (1) a continué ses recherches sur la roche schistoïde bien connue qui, dans le Cornouailles, est désignée sous le nom de *Killas*.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	MgO	CaO	KO	NaO	HO hygrométrique.	HO combiné.	PO^5	Somme.
A	2,89	50,51	19,69	1,28	7,40	trace	8,04	7,38	1,00	3,41	0,20	0,63	trace	99,54
B	3,35	37,63	17,15	7,53	16,03	0,40	3,52	13,95	0,94	0,95	0,40	1,67	0,46	100,03

Ces variétés de *Killas* sont cristallines, à grain fin, vert bleuâtre ou gris verdâtre et leur structure schisteuse disparait quelquefois. Au microscope, on y distingue de l'hornblende en petits cristaux aciculaires, de la chlorite, dans certains cas une pâte légèrement opaque, du quartz et de la magnétite.

L'échantillon A qui a une couleur grise contient notamment beaucoup d'hornblende et de magnétite.

ERZGEBIRGE. — M. Eug. Geinitz (2) a étudié les schistes verts

(1) *Revue de géologie*, X, 63. — *American Journal of Science and Arts* (3), XIII, 159.
(2) *Neues Jahrb.*, 1877, 307. — *Mineral Mittheil.*, 1876, 180.

intercalés dans les phyllites de l'Erzgebirge Saxon, aux environs d'Aue et de Tharandt; il les divise en schistes verts à amphibole, avec hornblende, épidote, fer titané, quartz, orthose, anorthose, et en schistes verts à chlorite, dans lesquels ce minéral remplace l'orthose, sans résulter de sa décomposition. L'auteur signale l'abondance de l'apatite, et la présence de feldspath non altéré dont les cristaux sont remplis de microlithes et souvent aussi d'inclusions liquides.

Schiste micacé.

YORK.—Des schistes micacés du comté d'York, en Pennsylvanie, ont été analysés dans le laboratoire du Dr Genth (1). Ils appartiennent à la variété de schiste qui est habituellement décrite comme schiste talqueux, bien qu'elle ne contienne pas de talc, mais des micas très-doux au toucher et possèdant l'éclat perlé.

A Schiste micacé à grain fin, de Seven Valley. (M. J. H. Campbell).
B Schiste micacé légèrement imprégné d'oxyde de fer, de Summit Cut. (M. A. Pearce).

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MgO	CaO	NaO	KO	HO	Perte au feu.	Somme.
A	56,50	25,82	6,18	2,63	»	1,42	2,83	3,75	»	99,13
B	53,00	33,84	7,05	0,83	0,55	1,40	2,50	»	1,85	101,02

Les micas onctueux de ces schistes micacés appartiennent vraisemblablement au groupe des margarophyllites de la minéralogie de M. Dana.

Roches silicatées magnésiennes.

Schiste chlorité.

YORK. — Dans le comté d'York, en Pennsylvanie, M. Persifor Frazer Jr (2) a étudié le schiste chlorité qui est associé au schiste micacé précédent. Un échantillon de la ferme Willet, déduction faite d'un mélange de 5 p. 100 de quartz, a donné à M. Genth la composition suivante :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	MgO	HO	Somme.
	24,46	22,83	2,84	35,70	0,10	6,11	9,94	101,98
Oxygène.	11,66	11,51		10,40				

(1) *Second geol. Survey of Pennsylvania*, C. 1874, 104.
(2) *Second geol. Survey of Pennsylvania*, C. 1874, 106.

Ce schiste est donc formé par une espèce de chlorite, qui est extrêmement basique et qui présente la teneur en silice de la thuringite à laquelle elle ressemble; toutefois, elle contient plus d'alumine et moins de fer.

Dans certains cas, le schiste chlorité du comté d'York est imprégné de pyrite de fer, de chalkopyrite et aussi d'oxydes de fer exploités comme minerais. Par décomposition, il peut du reste se changer en un schiste argileux, doux au toucher et contenant de la limonite.

Serpentine.

SAXE. — M. J. Lemberg (1) a fait des analyses des minéraux qui se trouvent dans la Serpentine de la Saxe, et voici les résultats obtenus pour la Serpentine de Zoeblitz.

I Grenat rouge;
II Chlorite enveloppant le grenat précédent;
III Hornblende d'une serpentine avec chlorite;
IV Serpentine avec chlorite, mais ne contenant pas de péridot, dont la présence dans la serpentine de Zoeblitz a d'abord été signalée par M. F. Sandberger.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	HO	Somme.
I	40,60	22,70	9,34	4,23	21,47	1,66	100,00
II	33,78	16,76	8,44	0,52	28,54	11,96	100,00
III	60,24	1,49	3,28	12,32	22,56	0,14	100,03
IV	37,75	1,02	8,03	0,29	38,74	14,17	100,00

Comme M. Delesse (2) l'avait constaté précédemment dans les Vosges, on voit que les divers silicates, qui se sont développés dans la Serpentine sont tous exceptionnellement riches en magnésie.

Lherzolite.

ARGUENOS. — M. Leymerie (3) a donné la description d'un typhon de Lherzolite qui semble sortir des flancs du Pic du Gar, près d'Arguenos, et qui est intercalé dans les calcaires jurassiques. Il y indique, indépendamment du péridot constaté par M. Damour, du diallage bronzite, de la picrolite compacte ou fibreuse, dont la couleur varie du vert pomme au vert pistache et une substance serpentineuse dominant surtout du côté de Moncaup. Ce gîte de Lherzolite, l'un des plus considérables des Pyrénées, n'a pas moins de 3.500 mètres de longueur sur 1.500 mètres de largeur.

(1) *Zeitschr. geol. Gesellschaft*, XXVII, 531. — *Jahresbericht f. Chemie für* 1875; 1263.
(2) *Annales des mines* [4], XVII, 309.
(3) *Académie des sciences de Toulouse* [7], III.

Roguédas. — Dans la baie de Roguédas (Morbihan), M. de Limur a signalé une roche qui est interposée entre le gneiss et le granite à gros grain. Elle paraît former un filon qui plonge verticalement et dont la direction serait Est-Ouest. La grande ténacité qu'elle présente avait d'abord conduit à la regarder comme du jade; mais M. Damour (1), qui l'a étudiée, a reconnu que sa composition minéralogique est complexe.

Elle a une couleur grisâtre, une cassure à esquilles cristallines et une dureté de 6. Sa densité est égale à 2,935 et par conséquent notablement inférieure à celle du jade qui atteint 3,19. En la chauffant au chalumeau, M. Damour a constaté qu'elle fond en donnant un verre ou un émail, plus ou moins bulleux. D'un autre côté, en maintenant un échantillon à la température du rouge cerise, il se vitrifie à la surface, en se couvrant de taches de couleurs diverses, faisant bien voir qu'il n'est pas homogène. En examinant au microscope polarisant une plaque mince de la roche de Roguédas, M. Damour y a distingué de l'anorthite, du pyroxène vert, du quartz, de l'idocrase et du sphène; il a trouvé de plus pour sa composition moyenne :

SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	CaO	MgO	FeO	NaO	KO	Matières volatiles.	Somme.
56,54	traces	16,19	14,52	2,59	7,65	0,72	1,01	0,73	99,95

Parmi les roches analogues, M. Damour cite celles des terrains granitiques près de la vallée de Marmagne (Saône-et-Loire) et d'Hammerfest près le cap Nord.

Il est à remarquer que la roche de Roguédas a la potasse pour alcali dominant, ce qui semblerait indiquer qu'elle contient de l'orthose. Elle paraît même avoir quelque analogie avec la Norite de la Norwége, étudiée par Esmark et Schéerer : car la norite est formée de labrador, de diallage vert poireau ou vert olive, en paillettes ou en grains lamelleux, d'orthose et d'un peu de quartz. On y trouve aussi du mica ferro-magnésien, de l'hypersthène moins foncé qu'à l'ordinaire, de l'hornblende ayant une couleur peu différente de celle de la diallage et en outre du fer titané.

Glaucophanite.

Syra. — Dans l'île de Syra, l'une des Cyclades, il existe des micaschistes, des éclogites et des schistes cristallins qui sont très-variés dans leur composition minéralogique. Ces roches ont déjà

(1) *Association française pour l'avancement des sciences*, 1876.

été signalées par M. Virlet d'Aoust et, récemment, elles viennent d'être étudiées en détail par M. O. Luedecke (1) qui y signale spécialement la présence de la *glaucophane*. Ce minéral se montre en prismes, ayant à peu près un angle de 124° comme l'amphibole. Sa dureté est égale à 6 et sa densité est de 3,101. D'après l'analyse (A) donnée ci-dessous et d'après une analyse antérieure de Schnedermann, c'est une amphibole contenant des alcalis, qui, à Syra, aurait pour formule



$$3\,NaO,\ SiO^2 + 6\,RO,\ SiO^2 + 3\,[Al^2O^3,\ 3\,SiO^2] + Fe^2O^3,\ 3\,SiO^2.$$

On trouve en outre, à Syra, de l'omphazite associée à la *glaucophane*; la composition de cette autre substance minérale est donnée par l'analyse (B) et se laisse représenter par la formule



$$(CaO,\ FeO)\ SiO^2 + MgO,\ SiO^2.$$

En définitive, l'omphazite n'est qu'une variété d'augite de couleur vert clair, présentant bien la dureté, le clivage et l'éclat vitreux de l'augite. Sa formule est d'ailleurs la même que celle de la diallage de Baste, d'après M. Rammelsberg, et aussi que celle d'une diallage du Piémont qui a été analysée par Regnault.

Signalons de plus une épidote zoïsite, qui est également associée à la *glaucophane*. Elle a l'éclat vitreux, un peu adamantin, une dureté égale ou supérieure à 7. Au chalumeau elle fond en bouillonnant. En lames minces, sous le microscope, elle montre une forte polarisation chromatique. Sa composition est donnée par l'analyse (C) qui correspond à la formule



$$H^2\,Ca^4\,(Al^2\,Fe^2)^3\,Si^6\,O^{26},$$

donnée déjà par M. Rammelsberg pour l'épidote de la Sau-Alpe.

Cette épidote que l'on trouve avec la *glaucophane* se montre aussi dans des schistes chlorités avec smaragdite; d'un autre côté, elle enveloppe également du grenat rouge.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	MgO	CaO	NaO	Perte au feu.	Somme.
A	55,64	15,11	3,08	6,85	0,56	7,80	2,40	9,34	»	100,7[illegible]
B	52,53	4,60	»	11,80	»	16,10	12,80	»	1,69	99,52
C	38,15	25,30	9,30	»	»	0,24	25,10	»	1,8	99,89

M. Luedecke propose de donner le nom de *glaucophanite* au schiste de Syra, qui est à base de *glaucophane*. Il en distingue trois variétés : la première formée essentiellement de petits prismes de

(1) *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, XXVIII, 248.

glaucophane avec un peu de mica vert; la deuxième composée de *glaucophane* et de moscovite; la troisième qui, indépendamment de ces deux minéraux, contient accessoirement de l'épidote, de l'hématite et d'après M. Virlet du grenat. La *glaucophanite* serait donc une sorte d'amphibolite.

Parmi les roches de l'île de Syra qui accompagnent la *glaucophanite*, M. Luedecke mentionne encore un schiste avec *glaucophane*, zoïsite et omphazite, renfermant en outre des lamelles parallèles de mica moscovite; de l'éclogite avec *glaucophane;* du gabbro avec omphazite et zoïsite; enfin des schistes avec chlorite et avec paragonite (Damourite), ainsi que du quarzite schisteux et micacé qui peut également contenir de la *glaucophane*.

ERZGEBIRGE. — Dans l'Erzebirge Saxon, M. E. Geinitz (1) indique aussi des schistes verts qui contiennent de l'amphibole bleue ou de la *glaucophane*. Ils sont associés à des schistes cristallins, feldspathiques, qui renferment habituellement de l'hornblende, et quelquefois de la chlorite, de l'épidote ainsi que du pyroxène sahlite.

NOUVELLE-CALÉDONIE. — Il convient encore de mentionner comme *glaucophanites* des roches qui ont été rapportées par M. Heurteau (2) de la Nouvelle-Calédonie.

Observons, en terminant cette notice sur la *glaucophanite*, que la couleur bleue de la *glaucophane* se retrouve à un degré encore plus marqué dans la Krokidolite, qui est également une amphibole ferrifère, riche en soude.

Roches plutoniques orthosées.

Granite.

40me PARALLÈLE. — M. F. Zirkel (3), à qui l'on doit l'étude microscopique de toutes les roches granitiques recueillies dans l'Amérique du Nord, sur le 40me parallèle, par M. Clarence King (3), résume ainsi leurs caractères, sans prétendre toutefois les généraliser.

1 — Les *granites métamorphiques* ont assez habituellement une couleur rougeâtre, provenant d'infiltrations postérieures d'oxyde de fer. Le mica biotite y est fréquemment remplacé ou du moins accompagné par un minéral chloritique. L'hornblende et l'apatite

(1) *Mineral Mittheil.*, 1876, 189.
(2) *Annales des mines*, 1876, 2e liv., p. 355.
(3) *U. S. geol. Exploration of the fortieth parallel*, 39.

y sont rares. Les grains de quartz présentent souvent des inclusions fluides, arrangées en lignes, qui, d'après la manière dont elles s'interrompent à la limite des grains, paraissent indiquer que ces derniers proviennent de l'usure de débris clastiques.

2—Les *granites éruptifs anciens* ont ordinairement l'orthose prédominant; ils ne contiennent pas de sphène, ni de fer oligiste originaire; ils ont proportionnellement peu de magnétite; enfin leurs minéraux constituants ne sont pas rendus très-impurs par la dissémination de cristaux microscopiques étrangers.

M. Zirkel établit deux divisions principales dans ces granites: *a* avec mica blanc. — *b* avec mica magnésien foncé.

Cette dernière variété est la plus fréquente. Quand elle renferme de l'hornblende, il y a généralement beaucoup d'apatite.

3—*Les granites éruptifs plus jeunes* sont riches en minéraux; ils sont caractérisés par le sphène, l'hornblende, le mica foncé et l'absence de mica blanc. L'orthose y est accompagné d'une forte proportion d'anorthose. Le quarz et les feldspaths y sont rendus très-impurs par une dissémination microscopique de l'hornblende et du mica biotite. Ces granites sont généralement riches en apatite; ils contiennent fréquemment des lamelles microscopiques et originaires de fer oligiste; ils ont proportionnellement beaucoup de magnétite. Leur quartz est plutôt riche que pauvre en inclusions fluides.

Il importe d'observer qu'on retrouve en Europe, particulièrement en France et en Allemagne, de nombreux granites offrant les mêmes caractères que ces divers granites d'Amérique.

Granite syénitique.

MINNESOTA. — MM. A. Streng et J. H. Kloos (1) ont étudié le granite syénitique du Minnesota;

A provient de Sauk Rapide. — B de Watab :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	PO^5	Somme.
A	67,70	16.11	2,47	2,29	2,89	1,11	4,47	3,64	0,83	0,13	101,64
B	70,05	15,04	1,70	1,09	1,97	0,82	5,09	4,77	0,81	0,07	101,41

Le granite syénitique est analogue à celui des Ballons des Vosges (2). Il contient du quartz, de l'orthose, de l'oligoclase avec un peu d'hornblende, de mica ferro-magnésien, d'apatite ainsi

(1) *Neues Jahrbuch*, 1877, 235.
(2) *Annales des mines*, 1848, XIII, 667.

que de fer oxydulé magnétique. Au microscope, on observe dans le quartz des pores, très-nombreux et très-petits, contenant un liquide avec ou sans bulle mobile. L'apatite se montre d'ailleurs en aiguilles fines, dans tous les minéraux, particulièrement dans le quartz.

Gneiss.

COLORADO. — Dans les schistes cristallins du Colorado, M. Zirkel (1) distingue le gneiss micacé et le gneiss hornblendé.

Le gneiss micacé contient beaucoup d'orthose et peu d'anorthose. Les inclusions fluides abondent dans son quartz. L'apatite est rare ou absente, de même que le zircon. Le sphène manque entièrement.

Le gneiss hornblendé renferme au contraire beaucoup d'anorthose qui est quelquefois prédominant. Les inclusions dans le quartz sont relativement plus rares. L'apatite est généralement abondante, mais elle peut aussi manquer. Le zircon est tantôt abondant et tantôt fait complétement défaut; quand au sphène, il se montre accidentellement.

WAHSATCH. — Le gneiss hornblendé d'Ogden Point, dans les monts Wahsatch (Utah), a de plus été spécialement examiné par M. Zirkel (2). Il est à grain grossier, contient de l'orthose et comparativement beaucoup d'anorthose, du quartz, de l'hornblende, un peu de mica brun ainsi que de l'apatite. Il contient en outre un minéral semblable au zircon. L'analyse d'un échantillon de ce gneiss qui montrait de l'amphibole hornblende bien développée, a été faite dans le laboratoire de M. Bunsen :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme
74,95	9,42	7,47	1,65	0,13	2,02	4,05	1,02	100,71

Miascite, Ditroïte.

DITRO. — Dans les montagnes syénitiques de Ditro, M. Vom Rath a retrouvé la *miascite* de G. Rose (3) : c'est une syénite avec de la néphéline; elle contient, en effet, de la néphéline grise ou verdâtre (variété élœolite), de l'orthose, de l'oligoclase, de l'hornblende noire avec un peu de mica, du zircon, du sphène, de la magnétite et de la pyrite.

D'un autre côté, la *miascite* passe insensiblement à une syénite

(1) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 36.
(2) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 14.
(3) *Reise nach Ural*, II, 47.

avec sodalite que M. Vom Rath a nommée *ditroïte*; voici la composition de la sodalite bleue qu'elle renferme :

SiO^2	Al^2O^3	CaO	KO	NaO	Na	Cl	HO	Somme.
38,66	32,61	0,95	1,04	13,28	3,93	6,08	2,36	100,91

La *ditroïte* est donc une roche qui contient les minéraux de la miascite de Ditro avec de la sodalite bleue; quelquefois elle contient aussi de la cancrinite et du pyrochlore.

Rappelons, d'après G. Rose, que la *miascite* classique des bords du fleuve Mias, sur le versant occidental des montagnes de l'Ilmen, peut également se charger de sodalite et passer par conséquent à la *ditroïte*.

Ses minéraux essentiels sont l'orthose, la néphéline, le mica, auxquels s'adjoignent aussi l'anorthose, l'hornblende et même un peu de quartz. En outre elle présente un grand nombre de minéraux accidentels, dont plusieurs sont extrêmement rares et qui s'observent surtout quand la roche est caverneuse et à gros grain. Les plus importants sont la sodalite, la cancrinite, le zircon, la chaux phosphatée, l'ilménite, le pyrochlore, le sphène, l'æschynite, l'uranotantale, la tschewkinite, la monazite, le corindon, l'épidote, la chaux fluatée.

En résumé, le nombre total des minéraux de la *miascite* est de 29 sur lesquels 19 lui sont communs avec la syénite zirconienne de la Norwége, qui, d'après Haussmann, n'en compte pas moins de 48.

Granophyre.

Reprenant une expression employée déjà par Vogelsang, M. H. Rosenbusch (1) désigne sous le nom de *granophyre* des roches qui sont intermédiaires entre le granite et le porphyre. La composition chimique de deux de ces roches, appartenant à des types extrêmes, pris dans les Vosges, a été déterminée par M. le Dr Unger :

A Variété granitique du Hohwald dans la vallée d'Andlau.

B Variété porphyrique de la fontaine Laquiante, sur la rive gauche de la vallée de la Kirneck.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	2,627	71,79	17,52	2,28	1,03	1,89	0,78	2,89	2,05	0,82	[illegible]
B	2,616	68,63	17,18	3,59	0,20	2,41	1,11	3,67	2,11	1,07	[illegible]

(1) *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*. XXVIII, 379.

Parmi les *granophyres* remarquables, M. Rosenbusch cite encore les porphyres rouges de Lugano récemment étudiés au microscope par M. Michel Lévy, ceux de Fuchsstein près Petit-Schmalkalden, ceux de Triberg dans la Forêt Noire et aussi le porphyre avec pinite d'Oppenau.

Porphyre quartzifère.

ILMENAU. — Les porphyres des environs d'Ilmenau, étudiés déjà par MM. von Cotta, Schmid, von Fritsch, Credner, ont été analysés récemment par M. E. Laufer (1). Ils ont fait éruption à plusieurs reprises, pendant le dépôt du *Rothliegende*. Très-fréquemment ils sont traversés par des filons de chaux fluatée, ainsi que de baryte sulfatée, et ce dernier minéral est même habituellement associé à des minerais de manganèse que l'on exploite. On trouve aussi des minerais de fer avec ces porphyres.

A Porphyre quartzifère de Felsenkeller près Ilmenau.

B Porphyre euritique de Kickelhahn. C'est le *Felsitporphyr* de M. Tschermak ou le *Felsophyr* de Vogelsang; généralement on n'y voit plus le quartz à l'œil nu; mais on peut encore le reconnaître sous le microscope, à la lumière polarisée.

C Porphyre globuleux du Schneekopf. Il présente une pâte brun rouge dans laquelle on distingue facilement le quartz et le feldspath. Au microscope, on voit en outre du fer oligiste. Les globules peuvent dépasser $0^{mm},1$ et, dans leur intérieur, il y a généralement une géode tapissée de cristaux de quartz améthyste qui sont entourés par du hornstein et par de la calcédoine.

D Porphyre quartzifère de Rumpelsberg. Sa pâte, violacée et rougeâtre, renferme des grains de quartz, gris de fumée, atteignant plusieurs millimètres. Elle renferme aussi du feldspath jaunâtre et un grand nombre de lamelles de mica ayant une couleur noire.

E Porphyre quartzifère formant un banc dans le *Rothliegende* de Manebach. Sa pâte est tantôt gris jaunâtre et tantôt violacée.

F Porphyre quartzifère du Sachsensteine. Il présente des bandes ou zones parallèles et le quartz s'y montre en cristaux isolés ou bien en veines. Sous le microscope, on y distingue du feldspath, du mica et des lamelles de fer oligiste; on y voit en outre une multitude de petits globules qui sont surtout disposés suivant ses bandes colorées.

---

(1) *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*. XXVIII, 22.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	PO^5	Perte au feu.	Somme.	Rapport d'oxygène $\frac{RO + R^2O^3}{SiO^2}$
A	»	71,97	12,47	3,68	trace		0,26	8,52	1,17	trace	0,95	99,02	0,23
B	2 53	76,58	9,04	3,04	»	1,97	0,80	6,09	3,77	trace	0,60	101,89	0,20
C	»	77,67	8,91	5,67	»	0,56	0,25	non dosés		trace	0,72	»	»
D	2,53	78,38	12,61	1,80	»	»	0,16	7,12	trace		0,90	100,97	0,18
E	2,60	83,33	10,99		trace	»	0,25	non dosés			0,49	»	»
F	2,52	85,07	10,54	3,48	»	0,20	»	non dosés			0,68	»	»

M. Laufer fait observer que ces porphyres d'Ilmenau ne contiennent pas d'oxyde de titane, bien qu'il y en ait souvent dans les porphyrites de la même région. D'un autre côté, quoique la baryte sulfatée soit fréquente dans les filons qui les traversent, ils ne renferment pas de baryte.

PREDAZZO. — Deux porphyres rouges, orthosés, des environs de Predazzo, ont été analysés par M. C. de Hauer (1). L'un A vient de Cornon, l'autre B de Canzacoli.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
A	70,09	15,55	4,02	0,57	0,41	5,82	2,94	0,61	100,01
B	64,45	16,31	6,49	1,10	0,30	5,45	5,00	0,82	99,92

Roches plutoniques anorthosées.

Kersanton.

MM. Michel Lévy et Douvillé (2) ont reconnu que le kersanton de Bretagne, déjà étudié par MM. Delesse et *Zirkel*, offre, à la lumière polarisée, une texture de micro-pegmatite assez bien caractérisée; cette roche contient d'ailleurs du quartz : aussi ces auteurs la considèrent-ils comme une roche de la série des porphyres granitoïdes ou des porphyres noirs quartzifères, que sa très grande richesse en mica a rendue basique.

MM. Michel Lévy et Douvillé (3) trouvent une confirmation sérieuse de leur manière de voir dans les études stratigraphiques de M. Barrois (4). En effet, M. Barrois a fait voir que le kersanton, jusqu'alors réputé silurien, était postérieur à tout le dévonien de la rade de Brest et qu'il se liait intimement aux porphyres

(1) *Jahresbericht d. Chemie fur* 1875, p. 1270.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 51.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 348.
(4) *Ann. Soc. géol. du Nord*, IX, 59.

quartzifères de la région, dont les galets se trouvent dans les conglomérats de la base du *culm* à Quimper et au Huelgoat.

D'après MM. Michel Lévy et Douvillé, rien ne serait donc plus naturel que l'attribution du kersanton aux porphyres de la série anthracifère.

Kinzigite.

Le nom de *kinzigite* a été donné à une roche feldspathique gneissique contenant du graphite ainsi que du grenat, qui est associée aux schistes cristallins du bassin de la Kinzig, dans le nord de la forêt Noire. M. C. Hebenstreit (1), qui en a fait l'étude, a constaté qu'elle est intercalée dans le gneiss grenatifère et amphibolique, près de Wittichen. Elle a environ $0^m,50$ d'épaisseur et sa structure est grossièrement schisteuse. On distingue facilement dans la *Kinzigite* de l'anorthose (oligoclase), du mica noir, du grenat almandin violet et du graphite. Sous le microscope, on reconnaît en outre de l'apatite dans le feldspath, ainsi que de la pyrite et du fer oligiste.

En faisant l'analyse de l'oligoclase (I), du grenat (II) et de la roche elle même (III), M. Hebenstreit a obtenu les résultats suivants :

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	PO^5	S	C	Somme.
I	2,657	62,90	22,23	trace	»	4,45	»	2,09	8,48	»	»	»	»	100,15
II	3,960	37,40	21,08	2,01	28,49	3,05	8,22	»	»	»	»	»	»	100,25
III	3,000	44,53	17,55	3,38	12,60	3,36	5,68	3,54	3,60	1,66	0,17	0,29	1,33	100,69

On voit que la *kinzigite* est remarquablement pauvre en silice. Elle peut être considérée comme un gneiss très-dégradé, dans lequel le quartz et l'orthose ont disparu, tandis que l'oligoclase et le mica devenus dominants sont en outre accompagnés de grenat et de graphite.

Elle provient sans doute du métamorphisme d'une argilite charbonneuse qui contenait de la magnésie et de l'oxyde de fer.

Diorite.

Cornouailles. — Les diorites (*greenstones*) de l'ouest du Cornouailles, ont été étudiées de nouveau par M. J. A. Phillips (2); elles sont associées au *killas* de l'ouest du Cornouailles, dont l'analyse a été donnée précédemment, à la description des roches schisteuses.

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 417.
(2) *Revue de géologie*, X, 71. — *Quat. Jour. geol. Soc.* Mai 1876.

A *Greenstone* de la paroisse Saint-Pierre en Tolcarn. Il est verdâtre et cristallin. Au microscope, on y distingue de l'augite, de l'anorthose, un peu de chlorite, de l'hornblende brune et verte ainsi que de la magnétite.

B provient également de Tolcarn. Il est vert, cristallin et à grain fin. Il contient de l'hornblende, de l'anorthose altéré et de la chlorite.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	MgO	CaO	KO	NaO	PO^5	HO hygrométrique.	HO combinée.	Pyrite.	Somme.
A	3,02	46,32	18,18	0,82	10,92	trace	7,46	9,32	2,07	2,95	0,52	0,24	0,76	0,32	99,8[illegible]
B	3,01	43,48	18,60	3,68	11,38	trace	6,01	12,31	1,12	1,69	trace	0,22	1,17	trace	99,6[illegible]

Conformément aux observations faites déjà par les auteurs qui se sont occupés de l'étude du métamorphisme, M. Phillips est conduit à considérer les *greenstones* du Cornouailles comme des roches sédimentaires qui ont été métamorphosées.

A ce sujet, M. J. D. Dana observe qu'il en est de même dans les régions de New Haven et du New Hampshire.

MINNESOTA. — Quelques variétés de diorite quartzifère du Minnesota ont été examinées par M. A. Streng et J. H. Kloos (1).

A de Little Falls. Elle contient de grands cristaux d'hornblende, entre lesquels se montre un agrégat grenu de quartz, d'anorthose, de biotite et de grains noirs appartenant sans doute au fer titané. Comme certaines diorites, elle renferme aussi des cristaux de grenat rouge.

B de Watab. Elle présente un mélange, à grain moyen, d'oligoclase, d'orthose, de quartz, d'hornblende qui est souvent associée avec de la diallage; il y a de plus un peu de biotite ainsi que d'apatite et de fer magnétique ou de fer titané.

C de Sauk Centre. Elle est formée d'un mélange grenu d'anorthose avec de l'hornblende et du quartz; en outre elle contient de l'épidote, de l'orthose? du fer titané, de l'apatite ainsi qu'une trace de pyrite de fer.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	CO^2	PO^5	TiO^2	Somme.
A	66,88	11,69	1,68	8,94	5,45	3,55	0,20	1,25	1,03	»	»	»	100,67
B	65,27	15,76	1,36	3,44	3,70	2,14	3,97	4,57	0,42	»	0,26	»	100,[illegible]
C	56,59	12,41	5,39	10,28	6,70	2,02	1,02	4,27	1,45	»	0,44	0,22	100,7[illegible]

On sait depuis longtemps que la diallage et l'hornblende se pénètrent mutuellement dans l'euphotide; et, dans ces derniers temps, plusieurs savants, notamment MM. Gümbel, Tschermak,

(1) *Neues Jahrbuch*, 1877, 225.

vom Rath, Doelter, Rosenbusch, ont constaté le même fait dans diverses roches : il est assez remarquable de le constater également dans la diorite du Minnesota ; car elle contient du quartz et aussi de l'orthose, et l'élément pyroxénique se rencontre rarement dans les roches qui sont riches en silice.

M. Streng observe que, dans la diorite du Minnesota, l'hornblende enveloppe la diallage, dont la clivage le plus facile vient tronquer les arêtes correspondant à l'angle obtus de l'hornblende ; et, comme les deux minéraux s'enchevêtrent de la manière la plus intime, il est porté à croire que l'hornblende provient d'une métamorphose de la diallage : il nous paraît cependant qu'il serait plus naturel d'admettre une cristallisation contemporaine (1).

Monzonite.

PREDAZZO. — La roche amphibolique de Monzoni, qui est une sorte de Syénite, a été désignée depuis quelques années, sous le nom spécial de *monzonite*. M. Ch. de Hauer (2) a donné l'analyse de son feldspath (I) et celle de la roche elle-même (II) pour un échantillon provenant de la Margola, près de Predazzo :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
I	54,96	30,06	»	9,36	0,06	3,20	4,79	0,73	100,16
II	52,61	22,11	8,58	8,61	2,64	2,00	3 35	0,80	100,70

Une variété de *monzonite* provenant du mont Addello et ressemblant au mélaphyre, présente à peu près la même composition, d'après MM. Dolter et Mattesdorf. Elle est d'ailleurs formée d'anorthose, d'orthose, d'hornblende, d'augite, de mica et de fer oxydulé.

Euphotide.

COLLINES LARAMIE. — L'euphotide forme des dômes dans le granite métamorphique à l'est d'Iron Mountain, dans les Collines Laramie. D'après M. Zirkel (3), elle est presque entièrement composée d'anorthose, ayant une couleur gris bleuâtre. Au microscope, son anorthose montre la structure du labradorite type de la côte du Labrador et aussi celle des anorthoses des euphotides (*gabbro*) d'Europe. Il contient une multitude de petites aiguilles qui lui donnent une couleur grise : ces microlithes sont générale-

(1) Delesse : Recherches sur les pseudomorphoses. *Annales des mines*, 1859, XVI, 317.
(2) *Jahresbericht für Chemie fur* 1875, p. 1270.
(3) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 107.

ment orientées parallèlement; toutefois il en est aussi qui traversent les autres sans aucune régularité : elles sont en partie noires et opaques, en partie brunes et transparentes; leur longueur maximum est de 0m,06 : elles sont accompagnées de petits grains de même nature. Avec un grossissement plus fort, on les voit apparaître dans des endroits où il semblait d'abord qu'il y eût simplement une poussière grise. Du reste l'anorthose n'offre la structure qui vient d'être indiquée, qu'autant qu'il est associé à la diallage ou à l'hypersthène; de plus, les interpositions qui ont été mentionnées n'existent pas, lorsqu'il est accompagné d'augite ou d'hornblende.

L'euphotide des Collines Laramie contient très-peu de diallage; cependant cette dernière substance montre quelquefois, sur ses bords, de l'hornblende verte et fibreuse. M. Zirkel n'y a pas observé de péridot; mais il y a rencontré du fer titané.

Voici sa composition d'après une analyse faite dans le laboratoire de M. Wiedemann :

SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
52,14	29,17	3,26	10,81	0,76	0,98	3,02	0,58	100,72

On a pour les rapports d'oxygène de $SiO^2 : Al^2O^3 : RO = 6{,}13 : 3 : 1{,}12$ c'est-à-dire à peu près les rapports que donne le labradorite.

M. Zirkel observe, en outre, que cette euphotide d'Amérique présente une composition chimique s'approchant beaucoup de la norite de Tronfield ainsi que de la roche labradorique de Zaerdals Oeren en Norwége, qui ont été analysées par M. Kjerulf.

Diabase.

40e PARALLÈLE. — Les diabases du 40e parallèle, dans l'Amérique du Nord, ont leur augite bien conservé; par suite le développement de la chlorite ou de la viridite, que M. Zirkel (1) regarde comme postérieur, y est très-faible. Ces diabases contiennent fréquemment du péridot, en sorte qu'elles se rapprochent plutôt de celles de l'Écosse que de celles de l'Allemagne.

Ophite.

PYRÉNÉES. — M. Leymerie (2) distingue, dans les gisements d'ophite des Pyrénées, deux groupes, celui des Pyrénées propre-

(1) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 221.
(2) *Assoc. scient. de France*, 1877, 375.

ment dites et celui de Salies, situé en avant de la grande chaîne, dans la région des Petites Pyrénées. Dans le premier groupe, les pointements ophitiques apparaissent sur des lignes de failles bien marquées. Dans le second, ils sont liés à des gisements de gypse et même à des sources salées.

La principale apparition des ophites (comprenant les lherzolithes) paraît avoir eu lieu lors du grand soulèvement pyrénéen. La présence de fragments dioritiques dans le conglomérat crétacé de Miramont n'a pas, selon M. Leymerie, l'importance qu'on lui avait attribuée pour rejeter à une époque antérieure les éruptions ophitiques; car il existe une sorte de diorite stratoïde, en couches subordonnées dans le terrain paléozoïque des Pyrénées.

Mélaphyre.

MINNESOTA.— Des mélaphyres recueillis par M. J. H. Kloos vers la limite du Minnesota et du Wisconsin, ont été examinés par M. Streng (1):

A Mélaphyre porphyrique et imprégné d'épidote de Duluth, sur le lac Supérieur. On y observe de l'anorthose et très-peu d'orthose, de l'augite, des grains d'une espèce de chlorite (Viridite), des agrégats d'épidote, de petites amandes de quartz qui sont réparties d'une manière inégale, du fer oxydulé et de la pyrite de fer, ainsi que de l'apatite.

B Mélaphyre grenu de Sauk Rapids, cours supérieur du Mississipi. Sa pâte verte renferme de l'anorthose, de l'augite qui peut être décomposé; il y a aussi un peu de fer oxydulé, d'apatite et très-rarement du quartz.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	CO^2	PO^5	Somme.
A	50,03	15,38	11,78	3,90	5,39	3,60	1,14	5,01	2,73	0,98	0,33	100,27
B	48 97	16,50	4,14	6,58	10,93	9,85	0,69	2,69	1,14	»	0,18	101,67

D'après M. Kloss, ces mélaphyres sont très-anciens, car ils appartiennent soit à la fin de l'huronien, soit au commencement du silurien.

Tufs porphyriques.

MORVAN. — M. Michel Lévy (1) a signalé la liaison intime des porphyres noirs avec la roche verte du Morvan. A la montée de Cussy, on observe une roche porphyrique verte et rose, d'aspect grenu, qui tantôt se fond avec les grès carbonifères qui l'encaissent, tantôt est séparée d'eux par des failles bien visibles. L'examen

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 31.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 729.

microscopique y décèle des débris de grès et de granulite, recoupés et cimentés par de petites veinules de pyroxène et d'amphibole. Suivant l'auteur, cette roche peut être considérée comme un tuf du porphyre noir dont l'éruption a suivi la période carbonifère inférieure.

La roche porphyrique qui encaisse le filon de fluorine de la Petite-Verrière n'est qu'une variété moins clastique de tuf, et l'on y doit rattacher aussi les grès porphyriques anthracifères de Regny (Loire).

SAXE. — M. Rothpletz (1) a également étudié des tufs porphyriques en Saxe, entre Colditz et Altenburg. Ces roches appartiennent au terrain dévonien et se présentent sous la forme de couches; c'est ce qu'on a désigné jusqu'ici sous le nom de tufs de diabase, schistes verts, schalstein, etc. L'élément clastique étranger peut dominer parfois jusqu'à produire un tuf conglomérat. Ainsi, dans la vallée de Langenau, il y a, dans un tuf à grain fin, des galets si nombreux, gros comme le poing, de phyllade et d'autres roches cristallines, que, par endroits, le tuf disparaît presque entièrement.

M. Rothpletz insiste sur ce que ces tufs ont une origine sédimentaire et il les appelle des *porphyroïdes*, expression employée déjà par MM. Renard et de La Vallée Poussin, pour désigner des roches analogues de l'Ardenne. La grauwacke feldspathique des Vosges et la *pierre carrée* de la Loire pourraient encore être rapprochées des roches précédentes; mais contrairement à l'avis formulé par M. Rothpletz, nous pensons que ces roches, bien qu'ayant une origine sédimentaire, ont été postérieurement soumises à l'action du métamorphisme qui y a développé des cristaux de feldspath, appartenant soit à l'anorthose, soit même à l'orthose (2).

Roches volcaniques orthosées.

Rhyolite.

40° PARALLÈLE. — Dans l'Amérique du Nord, les rhyolites sont très-nombreux sur le 40° parallèle et ils ont été étudiés par M. Zirkel (3). Généralement ils se montrent pauvres en tridymite, circonstance qui doit sans doute être attribuée à ce qu'ils sont riches en quartz (4).

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 307.
(2) *Annales des mines*, 1853, III, 747.
(3) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 163.
(4) *Poggendorf Ann.*, CXI, 492.

L'augite est plus fréquent dans ces rhyolites qu'on ne le supposait; il y est associé avec l'hornblende, qui toutefois peut manquer, en sorte qu'on n'a plus que du sanidine, du quartz et de l'augite. Le mica blanc argenté (Moscovite) y fait défaut; mais on y trouve du mica brun foncé (Biotite).

Le feldspath de certains rhyolites contient des inclusions liquides; elles ont une bulle mobile et sont souvent aussi abondantes que dans le feldspath des granites. Le quartz, au contraire, présente seulement des inclusions vitreuses.

Quant à la pâte rhyolitique, elle a une structure très-complexe et, pour le 40e parallèle, M. Zirkel en décrit 16 types différents, qui correspondent à tous ceux déjà observés en Europe.

Trachyte.

40e PARALLÈLE. — Les trachytes du 40e parallèle sont rapportés par M. Zirkel (1) à deux séries d'éruptions distinctes, et voici comment leurs caractères minéralogiques se laissent résumer.

Les trachytes anciens sont riches en anorthose qui peut même atteindre, dans certains cas, la proportion du sanidine; en outre ils sont relativement riches en amphibole hornblende qui présente une couleur brune.

Les trachytes récents sont plus pauvres en anorthose, contiennent plus de sanidine, beaucoup moins d'hornblende et montrent en général des lamelles microscopiques de biotite ainsi que des agrégats de tridymite. Quelquefois, ils sont aussi plus rugueux et plus poreux. Enfin ils pénètrent à travers les massifs de trachytes anciens et ils occupent généralement les parties les plus élevées des montagnes.

Trachyte augité.

40e PARALLÈLE. — Parmi les trachytes du 40me parallèle, M. Zirkel (2) en décrit spécialement qui sont caractérisés par la présence assez exceptionnelle de l'augite. Ils sont plus récents que la propylite et ils forment des collines basses vers Sheép Corral Canon.

Ce trachyte augité est à demi vitreux et de couleur noir brunâtre : ses cristaux les plus grands sont du sanidine, en sorte qu'on doit incontestablement le classer parmi les trachytes, bien qu'il contienne de l'augite vert pâle, un peu d'anorthose et de l'hornblende brune. Sa pâte, très-abondante, renferme de petits cristaux

(1) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 143.
(2) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 145.

incolores et des microlithes qui appartiennent vraisemblablement, pour la plus grande partie, au sanidine; elle renferme aussi des microlithes vert très-pâle qui, par analogie, doivent être plutôt rapportées à l'augite qu'à l'hornblende; en outre il y a de la magnétite disséminée dans une pâte presque incolore.

Une analyse de ce trachyte augité a été faite par le Dr Anger:

SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
68,81	13,62	3,91	4,30	2,74	2,56	2,68	2,30	100,92

L'association de l'orthose et du pyroxène, qui s'observe accidentellement dans les roches volcaniques, se rencontre surtout dans les roches plutoniques : on peut mentionner, comme exemple, les nodules et les filons enclavés dans le calcaire saccharoïde du Saint-Philippe (1). En outre, d'après M. vom Rath, les syénites de Monzoni et de Laurvig sont augitées.

Roches volcaniques anorthosées.

Propylite.

M. de Richthofen a donné le nom de *propylite* à des roches qui, par leur composition minéralogique, ressemblent à des diorites, bien qu'elles soient alliées aux roches volcaniques tertiaires dont elles ont été les précurseurs. Après les avoir étudiées en Hongrie et en Transylvanie où elles sont associées à de riches filons métallifères, M. de Richthofen les a retrouvées à Washoe avec les mines d'argent. D'après M. Zirkel (2), elles sont surtout très-bien caractérisées sur le 40e parallèle et au Mexique dans les principaux districts dans lesquels on exploite les mines d'argent. La propylite forme une des parois du célèbre filon Comstock; de plus, elle est en rapport avec différents filons métallifères dans le district Aurora, dans les Silver Mountains et dans l'Arizona. Comme le remarque M. Clarence King, dans le district Washoe, elle est accompagnée de tufs puissants, contenant des empreintes de plantes tertiaires. En outre elle a été traversée par des éruptions postérieures d'andésite.

M. Zirkel, qui a fait une étude microscopique de la *propylite*, indique, dans celle du Tuscarora, deux espèces d'hornblendes, l'une verte qui est quelquefois pseudomorphosée en épidote, tandis

(1) *Ann. des mines*, XX, 141.
(2) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 110.

que l'autre brun foncé, fortement dichroïque, n'a pas subi de métamorphose et ressemble à celle qu'on trouve habituellement dans l'andésite.

La composition chimique d'une *propylite* type et sans quartz, de Sheep Corral Canon, a été déterminée par M. le professeur Wiedemann :

SiO^3	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
64,62	11,70	8,39	8,96	1,18	1,95	3,13	1,02	100,95

Comme l'andésite hornblendée d'Europe contient de 58 à 62 p. 100 de silice, on voit que la *propylite* en renferme une proportion sensiblement supérieure.

Propylite quartzifère.

La propylite quartzifère est bien caractérisée sur le 40° parallèle. D'après M. Zirkel (1), à l'est de Golconde, c'est une roche gris jaunâtre dans laquelle, à l'œil nu, on distingue seulement quelques grains de quartz et un feldspath blanchâtre. Sous le microscope, le quartz ne contient pas de parties vitreuses, mais beaucoup d'inclusions fluides avec des bulles très-mobiles; dans quelques-unes il y a même deux liquides différents, l'intérieur étant formé par de l'acide carbonique. Ce quartz présente donc les mêmes caractères que dans les diorites antérieures à l'époque tertiaire, tandis que les dacites et les rhyolites contiennent seulement des inclusions vitreuses. L'hornblende ne peut être reconnue sans le secours du microscope; elle est décomposée, à demi fibreuse, imprégnée d'épidote, comme dans les porphyres syénitiques. Il y a aussi des grains de magnétite et de l'apatite. Voici d'ailleurs une analyse de cette propylite quartzifère qui a été faite par M. le Dr Walter Kormann :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	CO^2	HO	Somme.
66,34	14,80	4,07	2,99	0,92	3 19	5 16	1,03	2,31	100,81

M. Zirkel est porté à regarder le carbonate de chaux de cette propylite comme un produit de décomposition de son feldspath.

Dans une propylite quartzifère de Cortez Peak, M. Zirkel a rencontré du sphène et la teneur en silice de la roche s'est élevée à 67,8 pour 100.

(1) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 117.

Dacite.

40° PARALLÈLE. — M. Zirkel (1) a encore étudié la dacite du 40° parallèle. Celle d'American City, Washoe, contient des feldspaths qui ont, pour la plupart, les stries de l'anorthose et le quartz s'y montre en grains bien visibles. Au microscope, sa pâte présente une structure rhyolitique et l'on y distingue des globules microfelsitiques qui ont 0mm,1 ; mais les sécrétions cristallines formées d'anorthose et d'hornblende montrent que la roche doit être rapportée au groupe de l'andésite. Dans l'un des échantillons, l'hornblende était altérée et semblait avoir été pseudomorphosée, à la fois, par de la viridite, par de la calcite, par de l'oxyde de fer et par de l'épidote. Une analyse de la dacite d'American City a été faite par M. Councler :

SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
69,3	17,9	4,1	1,6	1,3	3,6	2,0	2,1	101,9

On voit que la dacite contient une proportion de silice bien supérieure à celle de l'andésite et qui approche de celle du rhyolite. Comme l'avait constaté déjà M. Charles de Hauer, cette roche donne quelquefois un peu plus de potasse que de soude, en sorte que le sanidine y est vraisemblablement en quantité très-notable. Rappelons d'ailleurs que, suivant M. J. Roth (2), la dacite a une pâte, relativement riche en potasse, renfermant de l'anorthose et du quartz ; tandis que le rhyolite a une pâte relativement riche en soude, renfermant du sanidine et du quartz.

Andésite.

40°. PARALLÈLE. — L'andésite se montre bien caractérisée sur le 40° parallèle et, au mont Davidson, on a reconnu qu'elle traverse les diorites et les propylites.

M. Zirkel (3) a fait l'examen microscopique de l'andésite d'Amérique et, dans celle de Gold Hill Peak (Washoe), le feldspath dominant est de l'anorthose, bien qu'on observe aussi quelques cristaux de sanidine mâclé. Son amphibole hornblende est vert clair et décomposée. L'apatite est très-rare. La pâte, d'un gris foncé, présente un agrégat de feldspaths et de microlithes feldspathiques avec des lignes fluidales dessinées surtout par de la magnétite : entre ses éléments, on voit une base, demi-vitreuse et de

(1) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 134.
(2) *Beitrage zur Petrographie der Plutonischen Gesteine*. 1869.
(3) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 122.

couleur isabelle, qui n'a pas d'hornblende, contrairement à ce qui a lieu dans la propylite.

L'analyse de cette andésite hornblendée, de Gold Hill Peak, a donné à M. Walter Kormann :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	CO^2	Somme.
61,12	11,61	11,64	3,33	0,61	3,52	3,85	2,84	1,51	101,03

Différences entre la propylite et l'andésite.

Si la propylite et l'andésite sont séparées géologiquement et sur le terrain, elles ne se distinguent pas moins par leurs caractères pétrographiques que M. Zirkel résume ainsi :

a La pâte de la propylite présente une couleur gris verdâtre, et celle de l'andésite une couleur grise ou brune.

b La structure ou la composition de la propylite rappelle celle des porphyres dioritiques qui sont antérieurs à l'époque tertiaire.

c La pâte de la propylite est riche en petits cristaux d'amphibole hornblende, tandis que, dans l'andésite, ce minéral se montre seulement en individus plus grands.

d Les feldspaths de la propylite sont ordinairement remplis par une poussière d'amphibole hornblende qui ne s'observe pas dans ceux de l'andésite ; ces derniers contiennent assez souvent des inclusions vitreuses qui ne paraissent pas se rencontrer dans les anorthoses de la propylite.

e L'hornblende de la propylite est toujours verte, tandis que celle de l'andésite est habituellement brune.

f Dans la propylite, de l'épidote microscopique s'est très-souvent développée par un métamorphisme de l'hornblende ; mais, le même fait est tout à fait exceptionnel dans l'andésite.

L'augite se montre fréquemment comme élément accessoire dans l'andésite, tandis qu'il est extrêmement rare dans la propylite.

h La pâte de l'andésite paraît, çà et là, à demi vitreuse ; jamais il n'en est de même pour la pâte de la propylite.

Enfin, M. Zirkel observe que toutes les différences existant entre la propylite et l'andésite, qui sont deux roches contenant de l'hornblende, se retrouvent entre les roches analogues contenant du quartz, c'est-à-dire entre la propylite quartzifère et la dacite.

Andésite quartzeuse augitée.

PALISADE CANON. — Parmi les andésites du 40e parallèle, M. Zirkel (1) en signale spécialement une de Palisade Canon. A l'œil nu et au premier abord, elle ressemble à une andésite con-

(1) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 227.

tenant de l' hornblende; mais au microscope, on y voit beaucoup d'anorthose, un peu de sanidine, de l'augite, jaune brunâtre, et peu abondant, de la biotite brune, ainsi que des grains de quartz anguleux avec des inclusions vitreuses très-petites. L'hornblende et le péridot font défaut.

Dans les minéraux de cette roche et spécialement dans ses *feldspaths*, on distingue un grand nombre de cristaux hexagonaux, extrêmement fins, qui ont le plus souvent moins de 0,003 de millimètre; ils appartiennent au quartz pour la plupart, et quelques-uns se rapportent aussi à l'apatite. Cette roche est complétement cristalline, sans trace de parties amorphes ou vitreuses : M. Zirkel la nomme *andésite quartzeuse augitée.*

Son analyse, faite par M. Reinhard, donne une teneur en silice qui est élevée pour une roche contenant de l'augite :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Somme.
62,71	12,10	14,79	8,34	1,31	1,15	0,73	101,13

Les andésites augitées du Tunguragua, du Cotopaxi, de l'Antisana, dans les Andes, sont encore plus riches en silice, car elles en ont de 63 à 67 p. 100; toutefois, M. Zirkel n'y a pas observé de quartz et elles ont des parties vitreuses brunes.

Andésite augitée.

40° PARALLÈLE. — On a nommé, en Allemagne, andésite augitée, une sorte de roche basaltique à laquelle se rapportent la lave du Santorin de 1865, diverses roches des Indes Néerlandaises examinées par M. Rosenbusch ainsi que des roches de l'Australie.

M. Zirkel (1) en a décrit plusieurs qui se trouvent sur le 40° parallèle. L'une venant de Basalt Creek (Washoe) présente une masse noir brunâtre, à éclat un peu résineux, et ressemble à la roche de Bakonya (Hongrie) qui est bien connue, parce qu'elle contient de l'hyalite dans ses fissures. Sa pâte vitreuse est jaune brunâtre; elle renferme du sanidine en cristaux simples et mâclés; mais le feldspath dominant est l'anorthose. Il y a beaucoup de grains vert jaunâtre d'augite, des microlithes feldspathiques, incolores, ainsi que de la magnétite. En outre, il faut mentionner quelques prismes d'apatite pulvérulente, mais il n'y a pas d'hornblende, ni de péridot. La proportion de silice de cette roche est de 58 p. 100.

A Susan Creek Canon, dans le Nevada, une andésite augitée est

(1) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 221.

à moitié vitreuse et résineuse. Ses feldspaths contiennent des inclusions provenant du verre jaune brunâtre qui forme sa pâte et des bulles nombreuses y sont disséminées. Des inclusions semblables s'observent dans les cristaux d'augite et M. Zirkel a compté jusqu'à 2.650 grains vitreux dans un millimètre carré d'augite.

Dans le Nevada, l'andésite augitée peut contenir du péridot, en sorte que cette roche dans laquelle le péridot est associé à du sanidine, ménage une transition du trachyte au basalte.

Relativement aux andésites augitées du 40° parallèle, M. Zirkel observe que leur pâte vitreuse est gris pâle dans celles de l'Est, tandis qu'elle devient brunâtre dans celles de l'Ouest.

Basalte.

SCHIFFENBERG. — MM. A. Winther et W. Will (1) ont étudié le basalte grenu et noirâtre du Schiffenberg, près de Giessen. Dans sa pâte on distingue de l'anorthose, de l'augite, des grains ainsi que des fragments d'olivine, du fer oxydulé, du fer titané et de l'apatite.

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	CO^2	Somme.
2,902	44,04	15,31	3,38	9,09	10,33	11,05	1,69	1,97	2,94	0,18	99,98

Dans certains échantillons on a trouvé plus de 1 p. 100 d'apatite et quelques centièmes d'acide titanique. Du soufre, de l'arsenic et du plomb ont également été rencontrés dans ce basalte.

Vers la partie supérieure de la montagne, le basalte du Schiffenberg devient vitreux et passe au *Tachylite*, roche déjà décrite précédemment et de laquelle nous parlerons encore plus loin (2).

SCANIE. — Examinant au microscope les basaltes trouvés dans le diluvium des environs de Leipzig, M. A. Penck (3) a reconnu qu'ils proviennent bien réellement de la Scanie, dans le sud de la Scandinavie. Ils se rapportent, en effet, à deux variétés : 1° le basalte néphélinique et micacé, comme celui de Bosjökloster; 2° le basalte feldspathique, à pâte vitreuse, légèrement dévitrifiée par des microlithes, comme celui d'Annaklef et de Sösdala.

Trapp.

GETTYSBURG. — Des échantillons de trapp, recueillis par

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 102.
(2) *Revue de géologie*, XI, 70.
(3) *Neues Jahrb.*, 1877, 243.

M. Frazer (1) aux environs de Gettysburg en Pennsylvanie, ont été examinés au microscope et analysés par le Dr Genth.

A est l'anorthose extrait du trapp doléritique de Devil's Den.
B est le pyroxène de la même roche.

	SiO^2	Al^2O^3	FeO	MgO	CaO	NaO	KO	Perte au feu.	Somme.
A	54,05	28,81	1,36	0,26	11,05	3,36	0,59	0,45	99,93
B	51,64	4,23	16,04	15,93	10,05	0,46	0,16	0,72	99,23

L'anorthose est du labrador; quand au pyroxène, il présente la composition trouvée précédemment par M. Hawes pour l'élément pyroxénique du trapp du Connecticut.

York. — M. Genth a également analysé un trapp doléritique, pris par M. Persifor Frazer junior (2), à la ferme Becler, au Sud-Ouest de York en Pennsylvanie. Ce trapp était intercalé dans le grès mésozoïque de l'Amérique du Nord.

SiO^2	PO^5	TiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	MgO	CaO	LiO	NaO	KO	Cu	S	Perte au feu.	Somme.
52,53	0,15	0,32	14,35	5,93	5,45	trace	7,99	10,27	trace	1,87	0,92	trace	0,08	1,23	101,[illegible]

Tachylite.

Down. — M. Kinahan a signalé un *Tachylite* ou trapp vitreux du Slievenalargy, dans le comté de Down en Irlande. L'étude microscopique de cette roche a été faite par M. Frank Rutley (3); elle est formée par un verre qui, en plaques minces, paraît jaune et renferme des grains verts, très-fins, appartenant à un hydrosilicate de fer, et probablement de magnésie, dont la nature est inconnue : ils sont disséminés comme une poussière et présentent, dans certaines parties, des agglomérations semblables à des nébuleuses. On distingue dans le magma vitreux des cristaux noirs, opaques, qui appartiennent au fer oxydulé; mais on n'y voit pas d'augite, ni même de feldspath anorthose, ce qui paraît indiquer que le fer oxydulé est parmi ces minéraux celui qui cristallise le plus facilement. Le verre présente aussi des vésicules qui ont été remplies, ainsi que des espèces de baguettes (*rods*) tantôt droites et branchues, tantôt courbes. On les retrouve d'ail-

(1) Peter Lesley : *Second geological Survey of Pennsylvania*, 1875, C. C., 310.
(2) *Second Geol. Survey of Pennsylvania*, C., 1874, 122.
(3) *Journal of the royal geol. Society of Ireland*, 1877, IV, 227.

leurs dans le rétinite (*pechstein*) de Tharandt, en Saxe, auquel elles contribuent à donner la structure sphéroïdale. Au chalumeau, le tachylite du Slievenalargy fond facilement, avec intumescence, et donne un verre scoriacé brun ou noir.

Une analyse de cette roche, faite par M. Samuel Haughton, a donné les résultats suivants :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
55,40	13,24	5,48	5,64	0,80	7,07	1,57	1,64	2,01	7,20	100,05

On voit que sa composition est toute différente de celle du rétinite et du perlite; elle est bien moins riche en silice et, d'un autre côté, elle contient beaucoup de chaux et d'oxyde de fer; c'est un trapp fortement hydraté et à l'état vitreux.

A cause de son éclat résineux, M. Haughton propose de le nommer *rétinite basaltique* par opposition au rétinite proprement dit qui est un *rétinite trachytique*. Malgré la grande ressemblance de leurs caractères physiques, ces deux roches peuvent se distinguer immédiatement l'une de l'autre par le chalumeau.

Rappelons d'ailleurs que des roches vitro-résineuses, analogues à la précédente, forment assez souvent la salebande des filons de trapp, de basalte et même de lave (1).

Palagonite.

NEVADA. — La palagonite, qui est si fréquente dans les régions volcaniques, a été observée par M. Zirkel (2) à l'état de tuf dans les couches tertiaires des monts Kawsoh, dans le Nevada.

Au microscope, ce tuf se montre composé, pour la plus grande partie, de grains et de petits fragments d'une substance brun jaunâtre, qui est amorphe et complétement indifférente à la lumière polarisée. Elle paraît vitreuse, de nuances variées, mais on y voit une multitude de cavités microscopiques et dues à des gaz, qui sont entourées concentriquement de parties fibreuses et foncées, ayant une forme ovale. Entre les nicols croisés, ces parties donnent une croix colorée, qui change de couleur et de position, quand on fait tourner l'analyseur. Il n'y a pas trace d'augite, de péridot, de néphéline, ni de magnétite, mais on distingue seulement des cristaux striés d'anorthose.

Relativement à l'origine de la palagonite, rappelons que Sarto-

(1) Delesse : *Études sur le métamorphisme des roches*. 1857-1858.
(2) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 273.

rius de Waltershausen la comparait à un mortier hydraulique et la regardait comme le produit de l'altération sous-marine de tufs basaltiques. Pour M. Rosenbusch, elle proviendrait au contraire de cendres et de sables volcaniques, qui étant d'abord à l'état de verre basique, se seraient ultérieurement combinés avec l'eau, par suite d'une altération moléculaire. Dans la *palagonite* du Nevada, les parois fibreuses des cavités sembleraient seules indiquer une décomposition.

Moya.

D'après M. Th. Wolf (1) la *moya*, que de Humboldt considérait comme produite par une éruption du volcan Pelileo, provient simplement d'un écoulement de vase, provoqué dans un marais soit par l'éboulement de couches de tufs avoisinantes, soit par de petits changements de niveau. Du reste, dans la région équatoriale de l'Amérique, ce mot de *moya* est toujours employé pour désigner un lieu marécageux, en sorte que, d'après M. Wolf, il doit être banni du langage géologique.

Amphigénite.

40° PARALLÈLE. — Pendant longtemps l'amphigène n'était connu qu'en Europe; mais M. Vogelsang l'a indiqué d'abord au nord de Java; et récemment M. Zirkel (2) l'a retrouvé dans les roches du 40e parallèle, particulièrement sur le territoire Wyoming.

L'amphigénite d'Amérique présente cette particularité qu'il est même beaucoup plus riche en amphigène que celui d'Europe. Sous le microscope, son amphigène se montre en sections octogonales, qui sont innombrables et ont un diamètre de 0mm,035 ou bien un diamètre plus petit. Il enveloppe des grains d'augite vert ainsi que des parties vitreuses contenant des bulles. En outre des prismes ayant une couleur vert pâle, des aiguilles et des microlithes, appartenant à l'augite, y sont distribués symétriquement autour du centre; du reste, l'augite est seulement à l'état microscopique.

M. Zirkel indique encore, dans l'amphigénite d'Amérique, du mica biotite, de la magnétite, de l'apatite, de la néphéline? et des microlithes noir brunâtre qui se montrent quelquefois dans les lamelles de mica. D'un autre côté, il n'a pas observé dans cette roche l'anorthose, l'hornblende, le péridot, la mellilite, non plus que l'haüyne et le nosean.

(La suite à la prochaine livraison.)

(1) *Jahresbericht fur Chemie fur* 1875, 1275.
(2) *U. S. Geol. Exploration of the fortieth parallel*, 259.

EXTRAITS DE GÉOLOGIE

POUR

LES ANNÉES 1876 ET 1877

Par MM. DELESSE et DE LAPPARENT.

Deuxième partie (SUITE).

ROCHES MÉTALLIFÈRES.

L'étude géologique des roches métallifères est d'une grande importance pour le mineur, comme pour le géologue; mais les limites dans lesquelles la *Revue de géologie* est obligée de se renfermer nous forcent à être très-concis sur ce sujet et à renvoyer le lecteur aux publications spéciales.

Bismuth.

MEYMAC. — Les recherches entreprises sur le gîte de bismuth de Meymac (Corrèze), dont il a été question précédemment, ont été poursuivies par M. Ad. Carnot, depuis 1874, et ont donné quelques résultats intéressants (1).

La masse quartzeuse qui renferme les minerais, étudiée d'abord à son affleurement par des travaux à ciel ouvert, a été attaquée ensuite à la profondeur de 25 mètres par un puits vertical et par une galerie d'écoulement de 180 mètres de longueur. Cette galerie a été pratiquée dans le granite porphyroïde et a traversé plusieurs petites veinules quartzeuses, contenant de la pyrite de fer et du molybdène sulfuré. La masse quartzeuse présente, à ce niveau, environ 6 mètres d'épaisseur et 15 mètres de longueur; elle renferme une sorte de colonne, à peu près verticale, de pyrite de fer, mesu-

(1) *Revue de géologie*, XII, 89. — Lettre de M. Carnot, 20 novembre 1877.

rant 5 mètres d'épaisseur, dans laquelle sont disséminés du mispickel, ainsi que des minéraux à base de cuivre, de plomb et de bismuth. Des essais faits par M. Carnot, ont montré que cette masse métallifère contient, en moyenne, de 6 à 10 millièmes de bismuth, autant de plomb et de 8 à 25 millièmes de cuivre. En quelques points aussi, on trouve, comme au voisinage de la surface du sol, des amas de wolfram, de schéelite, ainsi que des minéraux sulfurés et oxydés de bismuth.

Enfin M. Carnot a également recueilli quelques échantillons d'oxyde d'étain, mais jusqu'ici ils se sont montrés fort rares.

On s'occupe actuellement de disposer à Meymac les appareils métallurgiques destinés à l'extraction, par voie humide, des métaux utiles contenus dans ce mélange complexe.

Antimoine.

CHANAC. — A 10 kilomètres au sud de Tulle (Corrèze), sur la commune de Chanac, une mine d'antimoine, qui est depuis quelques mois l'objet d'actifs travaux de reconnaissance, a été visitée par M. A. Carnot. La découverte de ce gîte remonte à plus de dix années; elle est due à M. Vény, conducteur des ponts et chaussées; mais elle n'avait encore été suivie d'aucunes recherches. Le renchérissement de l'antimoine a déterminé l'inventeur et le propriétaire du sol à ouvrir des travaux sur le filon, qui a pu être suivi, à ciel ouvert, sur plus de 100 mètres de longueur. Il présente une épaisseur variable de $0^m,40$ à $0^m,70$. Le terrain encaissant est formé de schistes argileux noirâtres, entre lesquels le filon paraît intercalé; sa direction est à très-peu près celle du N.-S. magnétique. Le minerai est de la stibine, ayant quelques centièmes de fer, mais ne contenant ni arsenic, ni plomb, ni argent.

Étain.

WHEAL JENNINGS. — La mine Wheal Jennings, sur la paroisse Gwinear en Cornouailles, donne un exemple, assez rare, de cassitérite qui est exploitée avec avantage dans de l'*elvan* (porphyre).

D'après M. G. Seymour (1), l'*elvan* contenant le minerai forme un dyke encaissé dans le *killas* qui, dans la région, consiste en un schiste gris-bleuâtre; il est dirigé O. 10° N. et plonge vers le Sud. Son épaisseur est à peu près de 25 mètres et, sur les bords, il prend une structure prismatique bien caractérisée. Sa couleur

(1) *Trans. Royal geol. Society of Cornwall*, IX, 1877.

est blanc jaunâtre et, dans certaines parties, rougeâtre par suite de l'oxyde de fer; mais, lorsqu'il passe au bleu, auquel cas il contient des veinules de fer oxydulé magnétique, l'expérience a montré que le minerai d'étain n'y est plus exploitable. Bien que l'*elvan* soit généralement dur, il devient très-tendre, et même argileux, dans certaines parties, par suite de la kaolinisation de son feldspath; alors, il prend habituellement la couleur blanche. Des fragments anguleux de granite y sont quelquefois empâtés et doivent provenir de la profondeur; car, à la surface, cette roche s'observe seulement à une assez grande distance.

Quant au minerai d'étain, il s'est déposé dans des séries de veinules verticales, qui sont à peu près parallèles et orientées N. 20° E. Leur largeur peut atteindre $0^m,1$ et même accidentellement $0^m,2$; toutefois, en moyenne, elle n'est que de $0^m,0017$. Souvent ces veinules ressemblent à un trait de crayon et l'on en compte plus d'une dizaine par centimètre. Dans certains cas, elles peuvent s'enchevêtrer l'une dans l'autre et former un *stockwerk*. Bien que les veinules soient nettement séparées de l'*elvan*, cette dernière roche est souvent imprégnée de cassitérite près du contact, et alors on l'exploite sous le nom d'étain gris (*grey tin*). Il peut même arriver, qu'après le triage, l'*elvan* rende, par exception, jusqu'à 50 p. 100 d'étain.

Les petites veinules sont presque entièrement formées de cassitérite, associée à un peu de quartz. Toutefois elles donnent aussi la réaction de l'acide borique qui accuse la présence de la tourmaline, minéral qu'on retrouve également en petites masses radiées dans l'*elvan*. Enfin les veinules ne contiennent pour ainsi dire pas de mispickel, ni de pyrite de fer, circonstance utile à noter, puisqu'elle permet d'éviter un grillage et de livrer directement à la fonte le minerai de Wheal Jennings.

Fer.

Fer natif.

On sait que M. Thomas Andrews a le premier constaté l'existence du fer natif dans les roches trappéennes : pour la mettre en évidence, il enlève d'abord la partie magnétique avec un aimant, puis il la traite par une dissolution de sulfate de cuivre dont le cuivre, précipité à l'état métallique par le fer, se reconnaît facilement au microscope. C'est d'après cette expérience que l'existence du fer natif a été admise par M. Reuss dans les basaltes de la Bohême et par M. Cook dans les dolérites mésozoïques du New Jersey.

Récemment, M. Georges W. Hawes (1) a observé le fer natif

(1) *American Journal of Sciences and Arts* [3], XIII, 33.

lui même dans une dolérite du New-Hampshire. Cette dernière roche, très-compacte et bien conservée, contient de l'anorthose (labrador), du pyroxène, du péridot, du mica noir et de la magnétite : c'est vers le centre des grains de magnétite que se trouve le fer natif qui est d'ailleurs facilement reconnaissable à son éclat métallique.

GROENLAND. — M. Steenstrup (1) vient également de publier un travail sur ce sujet. Après avoir établi que le fer natif, découvert par M. Nordenskjoeld dans l'île de Disco, est intimement lié au basalte par la croûte silicatée qui le recouvre, l'auteur signale le fait capital de la découverte d'un basalte avec fer natif à Assuk, sur le fjord de Waigatt, au nord de l'île de Disco. Ce basalte consiste en une pâte claire, riche en microlithes, parfois avec une structure fluidale caractérisée; on y voit des cristaux de péridot et d'augite avec des fragments de graphite; les particules de fer ont, en moyenne, un dixième de millimètre de diamètre; le *fer lui-même* contient du soufre, du cuivre, du cobalt et du nickel.

Cette découverte d'Assuk détruit la principale objection élevée contre l'origine tellurique du fer du Groënland, à savoir qu'on n'avait jamais trouvé de fer dans le basalte. Du reste le fer natif, lors même qu'il n'est pas directement reconnaissable, se rencontre assez fréquemment dans les roches anorthosées; et sa présence peut être admise dans ces roches quand elles donnent un précipité de cuivre étant humectées par une dissolution cuivreuse.

Quant à la grande dimension des blocs trouvés par M. Nordenskjoeld, elle n'a rien de surprenant, puisque, à Igdlokunguak, près de Waigatt, on a observé, dans un basalte riche en péridot, une masse de pyrite magnétique nickélifère pesant 28.000 kilogrammes. Personne n'attribuera à cette masse une origine météorique, et par conséquent il faut admettre qu'elle est venue au jour avec le basalte. Une action réductrice puissante, qu'explique assez la présence du graphite dans le basalte du Groënland, suffit du reste pour donner naissance à une concentration de fer natif.

Il y a donc lieu de révoquer en doute l'origine météorique du fer natif du Groënland; son origine est tellurique, de même que celle du fer disséminé en parcelles microscopiques dans les roches basaltiques et trappéennes : il doit provenir d'une réduction opérée soit par le pétrole ou par le graphite, soit par les matières organiques qui se trouvent habituellement dans ces roches (2).

(1) *Neues Jahrb.*, 1876, 91.
(2) *Revue de géologie*, X, 101.

Minerais de fer.

LOMBARDIE. — Les minerais de fer de la Lombardie ne présentent pas des gisements exceptionnellement riches, mais ils sont cependant très-répandus dans les divers terrains. On n'y trouve pas, comme en France, les minerais oolithiques des terrains jurassiques, ni le minerai sidérolitique; toutefois M. Curioni (1) ne signale pas moins de 11 niveaux de minerais de fer exploitables dans la série des terrains de cette province :

TERRAINS.	NATURE DU MINERAI.	
Craie	Limonite.	
Lias supérieur	Limonite.	
Trias supérieur : étage d'Esino avec Avicula exilis	Limonite.	
Trias supérieur : étage argileux avec Gervillia bipartita	Limonite.	
Dolomie et calcaire de l'étage métallifère du *trias* supérieur. On y observe de la galène, de la blende, de la calamine	Limonite.	
Schistes argileux (servino) de couleur vert-jaunâtre ou rouge, qui représentent le *muschelkalk* et en contiennent les fossiles. On y rencontre six bancs de fer carbonaté	Fer oligiste micacé.	Fer carbonaté.
Grès du *trias* inférieur. Ils correspondent au *grès bigarré* et ont un ciment argilo-ferrugineux. Dans le haut, on y exploite un banc de minerai de fer.		Fer carbonaté.
Grès *permiens*		Fer carbonaté.
Dolomies et calcaires noirs de l'époque *carbonifère*, avec schistes arénacés	Limonite.	Fer carbonaté,
Grès micacés et schistes *carbonifères* avec dolomie et calcaire interposés.	Limonite.	Fer carbonaté.
Quartzites micacés qui supportent le terrain carbonifère	Fer oxydulé et fer oligiste.	

DILLSBURG. — Les minerais de fer de Dillsburg, qui sont enclavés dans la formation mésozoïque, ont attiré l'attention des maîtres de forge de Pennsylvanie; leur gisement a été étudié par M. Frazer (2) et M. M' Creath en a fait l'analyse :

A Fer oligiste micacé de la mine Altland ; il forme dans le grès mésozoïque des bancs réguliers dont l'épaisseur varie de $0^m,15$ à plus de 2 mètres; en outre il est au contact d'un filon de trapp dans lequel il pénètre même jusqu'à une petite distance.

B Fer oxydulé magnétique de la ferme de Bentz, aux environs de Wellsville.

(1) *Geol. applicata delle provincie Lombarde*, II, 86.
(2) Lesley : *Second geological Survey of Pennsylvania*, 1875.

	Fe^2O^3	FeO	Cu^2O	Al^2O^3	Mn^2O^3	MnO	CaO	MgO	SO^3	PO^5	CO^2	HO	Résidu insoluble.	Somme.
A	82,61	»	0,22	4,84	0,04	»	0,76	0,92	0,15	trace	0,12	1,28	9,53	100,47
B	78,00	11,70	»	5,42	»	0,67	0,28	0,17	0,08	0,10	»	0,25	3,12	99,79

	Fe	Mn	S	Ph
A	57,83	0,03	0,06	traces
B	63,70	0,37	0,03	0,04

Manganèse.

Manganèse carbonaté.

PISOGNE. — Dans la montagne dominant le couvent de Pisogne, M. Curioni (1) indique un minerai ayant une couleur rose et contenant du carbonate de manganèse, qui pourrait entrer avec avantage dans le lit de fusion des hauts-fourneaux :

MnO,CO^2	FeO,CO^2	CaO,CO^2	MgO,CO^2	SiO^2	Eau et perte.	Somme.
21,5	23,2	41,5	3,4	6,5	3,9	100,00

On voit que ce minerai est un carbonate quadruple de manganèse, de fer, de chaux et de magnésie; sa composition se maintient constante, et, d'après cela, M. Curioni pense qu'on doit le regarder comme une espèce minérale nouvelle. Il serait intermédiaire entre la Rhodocrosite (diallogite) et la Sidérite (fer carbonaté).

Il appartient d'ailleurs au trias, étage du muschelkalk, *et il est* interposé entre les schistes argileux métallifères qui appartiennent au muschelkalk et sont désignés sous le nom de *servino.*

Plomb.

Plomb natif.

M. H. de Kokscharoff (2) signale l'existence du plomb natif dans le steppe des Kirgises, dans un gisement où il est accompagné de plomb carbonaté et de baryte sulfatée. Dans les sables aurifères de Katharinenburg, le plomb accompagne aussi l'or et le fer oxydulé.

USSEL. — Entre des bancs de granite à deux feldspaths et à mica noir, M. A. Carnot a observé, près d'Ussel (Corrèze), une veine d'argile contenant en abondance des cristaux octaédriques de galène

(1) *Geologia applicata delle provincia Lombardo*, II, 80.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1875, 873,

à grandes facettes. Cette argile se voit dans les travaux du chemin de fer de Tulle à Clermont ; elle est grise et caillouteuse. Sa direction, qui paraît être N.-S. vrai, est celle d'un grand nombre de fentes et de filons dans la contrée.

CHABRIGNAC. — D'après M. Worms de Romilly, la mine de plomb de Chabrignac (Corrèze) comprend trois filons principaux, dirigés Nord 50° Est avec plongement vers l'Est, sous une inclinaison qui diffère de quelques degrés seulement de la verticale. Ils portent les noms de filon Buffières (0,25 de puissance), filon de la Fromagerie (0,50 de puissance), filon des Anciens (0,20 de puissance).

La roche encaissante est un schiste ardoisier, mais on trouve, à très-peu de distance, le terrain houiller.

Les filons contiennent de la pyrite, de la baryte sulfatée, blanche et grise, ainsi que de la galène ; ce dernier minéral est presque toujours associé à la baryte sulfatée grise, non cristallisée. Les minéraux rencontrés accidentellement sont la pyrite de cuivre et la chaux carbonatée.

L'argent n'existe qu'en faible proportion ; car de 1.000 kilog. de plomb d'œuvre on ne retire que 80 à 300 grammes d'argent.

La minéralisation de ces filons est irrégulière ; il n'y a pas de zones distinctes, les unes riches, les autres stériles.

Mercure.

CÉVENNES. — A différentes reprises, le mercure natif a été observé, en petite quantité, sur les flancs des Cévennes ; depuis 1760, il est connu dans les terrains tertiaires des environs de Montpellier et récemment M. Thomas l'a signalé à Saint-Jean de Buège et à la montagne de Gazilhac dans le département de l'Hérault.

Dès 1843, le mercure natif a également été indiqué par M. Leymerie vers l'escarpement occidental du Larzac dans le département de l'Aveyron et à la base du calcaire jurassique fissuré qui forme ce plateau. Enfin des traces de mercure ont encore été mentionnées dans les montagnes granitiques de l'Aveyron et de la Haute-Vienne. On conçoit d'ailleurs que, grâce à sa volatilité et à des dislocations du sol, le mercure ait pu se déplacer facilement et imprégner des terrains plus récents que ceux dans lesquels il s'était d'abord déposé (1).

LOMBARDIE. — M. Curioni mentionne aussi le mercure dans la

(1) *Académie des sciences, etc., de Toulouse* [7], VIII. — *Comptes rendus*, 8 mai 1876.

Lombardie. D'abord on le trouve à l'état de cinabre, à Margno, dans le quartzite micacé qui supporte le terrain carbonifère.

Dans le val Rizzolo et dans le val Trompia, ainsi qu'au lac d'Iseo, on le trouve également dans les bancs de fer carbonaté du *Servino* (muschelkalk). Selon M. Curioni, le cinabre de la Lombardie ne forme pas de filons; mais il s'est déposé en même temps que les terrains dans lesquels on l'observe et il n'a pas été introduit postérieurement par sublimation.

Or.

VÖRÖSPATAK. — M. vom Rath (1) a donné quelques détails sur les mines d'or de Vöröspatak en Transylvanie; l'un des filons nobles, encaissé dans une dacite, présente 8 millimètres d'épaisseur et se trouve rempli de calcite dont les deux bords sont marqués par deux veines symétriques d'or, de $^1/_2$ à 1 millimètre de puissance. Un autre a pour remplissage de la calcite, du spath manganésifère et du quartz formant des veines avec apophyses dans la dacite; tout autour de ces veines s'étend une bordure d'or de 1 millimètre.

L'or de Vöröspatak se distingue par sa tendance à former de beaux cristaux, parmi lesquels dominent le cube et l'octaèdre.

Age des roches éruptives.

BUDA PEST.—M. le Dr Anton Koch (2) de Klausenburg, a étudié la région montagneuse d'Andrä Visegrad, près de Buda Pest, et s'est attaché à déterminer l'âge de ses diverses roches trachytiques. Voici le tableau qui résume l'ensemble de ses observations :

VARIÉTÉS DE TRACHYTES.	AGE GÉOLOGIQUE.
	Alluvions. Formation quaternaire. Etage Pontique de M. de Hochstetter.
7. Trachyte avec Labrador, Augite, Magnétite (Trachyte doléritique). 6. Trachyte avec Labrador, Augite, Magnétite et un peu d'Amphibole (variété de passage).	Étage Sarmatique de M. E. Suess.

(1) *Niederrheinische ges. für natur und heilkunde.* Bonn, 1876.
(2) *Zeitschrift d. d. geol. Gesellschaft*, XXVIII, 293.

VARIÉTÉS DE TRACHYTES.	AGE GÉOLOGIQUE.	
5. Trachyte avec Labrador, Amphibole et Biotite.	Formation supérieure de la Leitha.	Étage méditerranéen récent de M. E. Suess.
4. Trachyte avec Labrador, Amphibole et Augite.	Formation moyenne de la Leitha.	
3. Trachyte avec Labrador, Amphibole. 2. Trachyte avec Labrador, Biotite, Grenat et un peu d'Augite (variété de passage). 1. Trachyte avec Labrador, Biotite et Grenat.	Formation inférieure de la Leitha.	

MONTS EUGANÉENS. — MM. E. Reyer et Suess (1) ont été conduits à admettre, conformément aux idées émises déjà par d'autres auteurs, qu'une même roche éruptive peut offrir des récurrences et se rencontrer à différents niveaux dans la série des terrains. C'est surtout bien visible dans les monts Euganéens; en effet, le trachyte y a commencé ses éruptions sous-marines dès le dépôt du jurassique supérieur; de plus il les a continuées, non-seulement pendant le crétacé inférieur (*Biancone*), mais encore pendant le crétacé supérieur (*Scaglia*). Les nappes de trachyte de ces diverses époques s'interposaient entre les couches calcaires, avec lesquelles se mélangeaient aussi leurs tufs remaniés par la mer.

Pendant l'époque tertiaire, la région volcanique des monts Euganéens a été émergée et les éruptions étaient alors aériennes. En même temps les produits de ces éruptions devinrent de plus en plus basiques; ils consistaient notamment en basalte, dolérite, andésite augitique, qui s'observent au-dessus du calcaire nummulitique.

Toutefois le trachyte a fait éruption de nouveau, et il est même représenté par de nombreuses variétés, telles que : trachyte quartzifère, trachyte riche en sanidine, trachyte riche en anorthose, trachyte commun contenant du sanidine et de l'anorthose, Rhyolithe. Comme d'habitude, il est d'ailleurs accompagné de tufs et de brèches trachytiques.

Dans la région des monts Euganéens, le trachyte se montre donc, non-seulement dans le tertiaire, mais encore dans le crétacé et même jusque dans le jurassique.

---

(1) Reyer : *Die Euganeen* Wien, 1877.

TROISIÈME PARTIE.

TERRAINS.

TERRAINS PALÉOZOÏQUES.

TERRAINS ANTÉRIEURS AU TERRAIN SILURIEN.

PAYS DE GALLES. — On supposait autrefois que la chaîne de roches qui s'étend au bas du promontoire de Saint-David, était composée de syénite et de porphyre d'origine éruptive. M. Hicks (1) a été amené à y voir deux formations sédimentaires superposées en discordance. La plus ancienne, ou étage *dimétien*, est composée de quartzites ainsi que de schistes et de calcaires altérés ; elle a 4.500 mètres de puissance. La seconde, ou étage *pébidien*, dont l'épaisseur est difficile à indiquer, débute par un conglomérat formé des roches de l'étage précédent et couronné par des schistes altérés. Ces deux étages sont antérieurs au cambrien ou silurien inférieur de Saint-David ; mais, tout en indiquant leur analogie avec les roches laurentiennes du Canada et celles des Malvern, l'auteur croit plus prudent de s'abstenir de toute assimilation précise.

IRLANDE. — M. Kinahan (2) a décrit les couches cambriennes du sud-est de l'Irlande. La série se compose de schistes noirs ou gris, surmontés par des grès et schistes de diverses couleurs, que couronnent des assises argileuses rouges ou pourprées. L'ensemble n'a pas moins de 3.300 mètres de puissance ; on y trouve assez communément Oldhamia antiqua.

BRETAGNE OCCIDENTALE. — M. Ch. Barrois (3) reconnaît, dans les terrains primaires de la Bretagne occidentale, les subdivisions suivantes.

(1) *Geol. Society*, 22 nov. 1876.
(2) *Geol. Society*, 20 juin 1877.
(3) *Ann. Soc. géol. du Nord*, IV, 38.

A la base, le gneiss de Brest et de Douarnenez; par-dessus, les micaschistes; et au sommet, les phyllades verts, talqueux et satinés, avec quartz gras, de Douarnenez et de Morlaix; ces phyllades sont parfois mâclifères.

M. Barrois (1) ne croit pas qu'il y ait une discordance de stratification entre ces phyllades et le terrain silurien; il y aurait seulement une faille en relation avec le goulet de Brest et l'Elorn, qui ferait buter les grès siluriens supérieurs contre les phyllades de Douarnenez.

Morbihan. — MM. de Tromelin et Lebesconte (2) ont découvert dans les schistes cambriens de Néant, en Morbihan, contemporains des schistes de Rennes, des traces d'organismes rappelant les genres Oldhamia et Arenicolites; cette dernière forme a été retrouvée par eux dans l'Ille-et-Vilaine. Au même ensemble de couches appartient le calcaire magnésien de la mine de Pompéan.

Ardennes. — On doit à M. Jannel (3), de Charleville, des observations précieuses sur certains gîtes fossilifères de la vallée de la Meuse. On trouve à Haybes, entre Fumay et Givet, dans les phyllades verts et violets, les Oldhamia antiqua et Nereites cambrensis; en outre, les schistes réviniens de Laifour contiennent des perforations analogues à celles que produisent les vers arénicoles.

L'Oldhamia antiqua a déjà été signalée à Grand-Halleux, par M. Dewalque; elle s'y trouve dans des schistes qui paraissent supérieurs au révinien. La même conclusion pourrait donc s'appliquer aux couches devilliennes de la bande de Fumay.

Terre-Neuve. — D'après MM. Milne et Alex. Murray (4), la formation laurentienne existe à Terre-Neuve, où elle est représentée par une série de granites, de syénites, de gneiss et de labradorites. M. Murray croit même à l'existence de calcaires semblables à ceux du Canada, car il a rencontré, dans la vallée de la rivière Cordroy, de gros fragments anguleux d'un calcaire cristallin avec graphite.

On trouve aussi à Terre-Neuve l'équivalent de la formation hu-

---

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 267.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 585.
(3) Dewalque, *Bull. Soc. géol. de Belgique*, 20 mai 1877. — *Ann. Soc. géol. du Nord*, IV, 232.
(4) *Geol. Mag.*, 1877, 251.

ronienne ; ce sont des schistes, des conglomérats et des grès, contenant, en fait de fossiles, Aspidella terranovica et des traces d'Arenicolites. Sur cette série repose, en discordance, le silurien à faune primordiale.

Saint-Pierre et Miquelon. — En examinant, il y a plusieurs années déjà, les délestages abandonnés à Saint-Malo, par des navires venant des îles Saint-Pierre et Miquelon, M. de Tromelin (1) s'est assuré que ces îles sont formées par un gneiss serpentineux, très-calcifère, identique avec celui du laurentien du Canada. Tantôt le calcaire est si finement disséminé dans la masse qu'on ne peut constater sa présence qu'à l'aide des acides ; tantôt il forme des taches ou des veinules où se retrouve la structure attribuée à l'Eozoon canadense. M. de Tromelin est persuadé que l'Eozoon n'est qu'un accident minéralogique, et que l'existence d'organismes rudimentaires dans le terrain laurentien, c'est-à-dire dans la zone des gneiss et micaschistes, doit être reléguée dans le domaine des illusions.

Lac Supérieur. — M. Brooks (2) a classé les roches qui composent le terrain huronien, au sud du lac Supérieur, au-dessus du terrain laurentien et au-dessous de la série cuprifère. On y observe des amphibolites, des schistes chloritiques, des schistes quartzeux, des quartzites, quelques calcaires cristallins plus ou moins dolomitiques. Ces roches sont traversées par des filons de granite et de trapp.

L'auteur a cherché à établir le synchronisme des assises huroniennes dans divers districts de la région du lac Supérieur, depuis le Michigan jusqu'au Wisconsin.

Wisconsin. — M. Porter (3) a découvert l'Oldhamia radiata en assez grande abondance dans le Wisconsin, au-dessous du grès de Postdam fossilifère ; elle est associée au Scolithus linearis.

New-Hampshire.— Les roches vertes du New-Hampshire ont été étudiées par M. Hawes (4) ; ces roches, désignées parfois sous le nom de schistes chloritiques et talqueux, ont été rapportées par M. Hitchcock au terrain huronien. M. Hawes est d'avis de leur conserver le nom de *greenstones*, qui exprime bien leur couleur

(1) Lettre à M. de Lapparent.
(2) *Americ. Journ.* [3], XII, 194.
(3) *Americ. Journ.* [3], XII, 226.
(4) *Americ. Journ.* [3], XII, 129.

verte dominante, en définissant ainsi toutes les roches basiques métamorphiques dont l'élément colorant principal est l'amphibole, le pyroxène ou la chlorite. L'auteur admet que toutes ces roches sont des sédiments métamorphosés, et transformés, les uns en diorite métamorphique ou en métadiorite, les autres en métadiabase, d'autres encore en schistes chloritiques, en dolérites, en argillites.

Dans les métadiabases, M. Hawes a reconnu sous le microscope des apparences qu'il serait disposé à rapporter à des organismes de la nature des foraminifères.

Eozoon canadense.

M. Dawson (1) persiste plus que jamais dans sa croyance à la nature animale de l'Eozoon canadense. Il a signalé deux nouvelles espèces du même genre, provenant de la côte Saint-Pierre sur la rivière Ottawa, et qu'il désigne sous les noms de var. *minor* et var. *acervularia*. On trouve en même temps des fossiles ressemblant à des globigérines, mais possédant les parois de l'Eozoon, et dont l'auteur constitue le genre Archæosphærina.

M. Carpenter (2) annonce que, en 1874, M. Möbius de Kiel a découvert, sur un récif corallien au large de l'île Maurice, un foraminifère incrustant dont le mode de croissance et les caractères sont voisins de ceux de l'Eozoon.

M. Dawson (3) fait savoir, de son côté, que M. Richardson a trouvé au Canada, dans une serpentine vert olive, un polypier où la plupart des cellules hexagonales étaient remplies de serpentine et quelques-unes de chlorite : il paraîtrait aussi qu'à Melbourne, en Canada, une serpentine d'un vert foncé enveloppe des fragments de coquilles, de crinoïdes et de polypiers, en pénétrant dans leurs cavités.

Enfin M. Dawson (4) donne encore la description de nouveaux échantillons d'Eozoon canadense provenant d'un calcaire de l'Ottawa qui repose sur une diorite stratifiée.

TERRAIN SILURIEN.

ÉCOSSE. — M. Lapworth (5) a étudié les monograptides siluriens de l'Écosse, parmi lesquels il distingue les genres Dimorphograptus,

(1) *Geol. Society*, fév. 1876.
(2) *Annals and Magazine of natural history*, juillet 1876.
(3) *Ibid.*, juillet 1876.
(4) *Geol. Society*, février 1876.
(5) *Geol. Mag.*, 1876, 360, 507, 544.

Monograptus, Cyrtograptus et Rastrites. Au point de vue de leur distribution verticale, les fossiles de cette famille forment trois groupes bien marqués; le premier caractérise les schistes de Birkhill, le second les étages de Girvan et de Gala, le troisième ceux de Riccarton et des monts Pentland: le premier groupe correspond aux Kieselschiefer de la Thuringe et à la zone A des graptolithes de Suède; le second à la zone B de Suède et à la bande E de Bohême; le troisième a ses équivalents dans le silurien supérieur (Wenlock et Ludlow).

CONISTON. — M. Lapworth (1) soutient, contrairement à M. Hicks, que les schistes de Coniston appartiennent à l'étage de Llandovery. Ces schistes, noirs en bas, gris ou pourprés en haut, reposent sur un calcaire renfermant les fossiles de Bala, et contiennent une faune de graptolithes qu'on trouve, en Écosse et en Islande, dans des schistes du groupe de Llandeilo, en Thuringe dans des schistes siliceux inférieurs au silurien moyen, enfin, en Suède, à la base du schiste supérieur à graptolithes, de M. Linnarsson.

Les schistes de Coniston ne pouvant être rangés avec le calcaire de Bala, n'appartenant pas au silurien supérieur et ayant, partout, leurs équivalents séparés de l'étage de Wenlock par la masse du silurien moyen, il ne reste, selon M. Lapworth, d'autre solution que de les rapporter au Llandovery inférieur.

— MM. Harkness et A. Nicholson (2) ont été amenés à une conclusion semblable à la suite de leur étude sur les formations comprises entre la série de Borrowdale et les dalles de *Coniston*.

Au-dessus des couches de Borrowdale, qui contiennent les fossiles de l'étage d'Arenig, on trouve successivement, de bas en haut:

1° Les schistes de Dulton, avec de nombreux fossiles de Bala;

2° Les calcaires de Coniston, qui peuvent être rangés sur l'horizon du calcaire de Bala;

3° Les *mudstones* ou schistes à graptolithes, correspondant, soit au sommet du calcaire de Bala, soit à la base du groupe de Llandovery;

4° Les couches de Knock, qui paraissent discordantes avec les précédentes et, qu'on peut ranger à la base du silurien supérieur, en raison de leur analogie avec les schistes de Tarannon dans le pays de Galles.

(1) *Geol. Mag.*, 1876, 477.
(2) *Geol. Society*, 21 mars 1877.

Comme M. Lapworth, MM. Harkness et Nicholson reconnaissent l'importance de l'horizon des graptolithes des mudstones, qu'on retouve en Irlande, en Suède, en Bohême et en Carinthie.

SHROPSHIRE — M. Callaway (1) a étudié une nouvelle faune primordiale développée dans les schistes de Shineton (Shropshire), et formée d'espèces des genres Asaphus, Olenus, Conocoryphe, Obolella, Lingulella; ces schistes, au lieu d'appartenir, comme on le croyait, au grès de Caradoc, seraient de l'âge des couches de Tremadoc, ce que prouverait encore leur connexion intime avec les schistes à Dictyonema de Malvern.

PAYS DE GALLES. — M. Hughes (2) a décrit les grès siluriens de Corwen, dans le pays de Galles; ces grès, jusqu'alors rapportés à l'étage des grès de Denbigh, lui paraissent constituer une assise spéciale sur l'horizon du groupe de May-Hill ou de Llandovery, dont ils contiennent les fossiles.

BRETAGNE OCCIDENTALE. — M. Ch. Barrois (3) a étudié le terrain silurien dans l'ouest de la Bretagne.

A la base s'observent les poudingues et schistes lie de vin du cap de la Chèvre, identiques avec ceux de la Normandie et reposant en stratification concordante sur les phyllades verts de Douarnenez.

Ensuite viennent les grès blancs des montagnes Noires à Scolithus linearis (grès armoricain), avec une bande de schiste intercalée, visible à l'anse de Portnaye.

Ces grès sont couronnés par les schistes de Morgat à Calymene Tristani, contenant la faune d'Angers.

Le terrain silurien de Bretagne est recouvert par les schistes et quartzites de Plougastel, ordinairement rapportés au dévonien. M. Barrois cite dans cet étage 16 espèces fossiles, dont 3 appartiendraient à la faune seconde silurienne, tandis que 5 se retrouvent dans le dévonien inférieur. La place de cette assise peut donc encore sembler douteuse. C'est la même qui a été désignée par MM. de Tromelin et Lebesconte sous le nom de phyllades de Landerneau.

BRETAGNE ORIENTALE. — MM. de Tromelin et Lebesconte (4)

(1) *Geol. Society*. 21 mars 1877.
(2) *Geol. Society*, 20 déc. 1876.
(3) *Ann. Soc. géol. du Nord*, IV, 38.
(4) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 587. — *Association française*, 1875, 601.

ont découvert à Sion, dans la Loire-inférieure, un gisement de grès armoricain contenant des trilobites (Asaphus Armoricanus) et des Graptolithes avec Lingula Lesueuri; ces espèces appartiennent à la faune seconde; elles sont accompagnées de bilobites et de Tigillites.

Sur le grès armoricain reposent les schistes à Calymene Tristani, bien développés à Mur-de-Bretagne, Guitté, Ercé, Vitré, Andouillé.

Enfin, les schistes sont surmontés d'un grès, celui de saint-Germain-sur-Ille, qui paraît correspondre au grès de May : il contient Calymene Bayani, Homalonotus Brongnarti, H. Vicaryi, Dalmanites incertus, Orthis redux, Orthis Budleighensis, Diplograpsus Baylei.

Au même étage correspondent les grès de la lande de Baugé.

Le terrain silurien supérieur est représenté à la Ménardaie et à Princé par des schistes à Graptolithus colonus; la Loire-inférieure et l'Ille-et-Vilaine contiennent aussi plusieurs gisements de Cardiola interrupta. Mais on ne trouve pas cet étage en connexion directe avec le grès de Saint-Germain; il semble néanmoins qu'il doive en être séparé par les schistes à Trinucleus.

ANJOU. — M. de Saporta (1), en examinant une plaque qui provenait des schistes ardoisiers d'Angers, y a découvert l'empreinte d'une fougère de la famille des neuroptéridées. Ce serait la plus ancienne plante terrestre du terrain paléozoique d'Europe. M. de Saporta rappelle que des découvertes du même genre ont été faites récemment par M. Lesquereux dans le terrain silurien d'Amérique.

Il reste à savoir si la provenance de la plaque étudiée par M. de Saporta est bien certaine; cette plaque a été anciennement déposée au musée de Caen et son origine est aujourd'hui impossible à vérifier.

NORMANDIE. — M. de Tromelin (2) a indiqué la succession des couches siluriennes en Normandie : elle comprend la série suivante, au-dessous de la grauwacke dévonienne à Pleurodictyum de Radon (Orne).

Faune troisième.	Calcaires ampéliteux de Feuguerolles. Schistes ampéliteux de Domfront, etc.

(1) *Comptes rendus*, t. LXXXV, 500.
(2) *Association française*, 1877. — *Revue scientifique*, 1er sept. 1877.

Faune seconde. .	Grès culminant (sans fossiles). Grès de May, Jurques, etc. Grès à Calymene Tristani des Moitiers d'Allonne (Manche). Schistes ardoisiers (Domfront, Brieux, Falaise). Grès armoricain ou grès à Tigillites.
	Schistes rouges avec bancs calcaires (Laize, Vieux, Clécy, Ronai, Saint-Philibert-sur-Orne). Poudingue pourpré de Fresney-le-Puceux, Clécy, Pont-Ecrepin. Poudingue sans fossiles de Vrigni.

Cet ensemble repose sur les phyllades cambriens de Passais et de Condé-sur-Noireau, souvent mâclifères; au contact, il y a discordance.

Le grès de May a été, au point de vue paléontologique, l'objet d'une étude détaillée, faite en commun par MM. de Tromelin et Lebesconte (1); les fossiles les plus remarquables de cet étage sont : Homalonotus Brongniarti, Conularia pyramidata, Pseudarca Tromelini, Modiolopsis prima, Orthis Budleighensis, Diplograptus Baylei. M. de Tromelin attribue au grès de May, le grès, minéralogiquement identique, qui, à Domfront, est supérieur aux schistes ardoisiers.

Un grès culminant, bleu-noirâtre et sans fossiles, sépare le grès de May des schistes et calcaires ampéliteux qui, aux environs de Domfront, contiennent, avec des myriades de graptolithes, des orthocères et le Cardium bohemicum.

France méridionale. — MM. de Tromelin et Grasset (2) ont reconnu, dans les environs de Luchon, ainsi qu'à Cabrières, la présence du silurien supérieur avec orthocères, Cardiola interrupta et Graptolithus priodon.

Au-dessous, à Clermont-l'Hérault, on trouve des bancs de psammites avec bilobites de petites tailles, semblables à ceux des grès culminants de Normandie.

Quant au silurien inférieur de l'Hérault, il est formé, comme on sait, par des schistes à trilobites, parmi lesquels le gigantesque Asaphus magnificus, l'Asaphus Fourneti, l'Ogygites desideratissimus. Cet étage paraît représenter la base de la faune seconde, c'est-à-dire la bande d_1 de Bohême.

Terre-Neuve. — La faune primordiale a été reconnue à Terre-Neuve par M. Alex. Murray (3). Elle se compose des genres

(1) *Soc. linnéenne de Normandie*, 1875.
(2) *Association française*, 1877. — *Revue scientifique*, 1er sept. 1877.
(3) *Geol. Mag.*, 1877, 254.

Paradoxides, Agraulus, Archæocyathus, Iphidea, Agnostus, Conocephalites, Obolella; la série des couches débute ordinairement par un conglomérat, passant à un grès rouge que couronnent des schistes tout à fait propres à la fabrication des ardoises.

Au-dessus vient, par transition graduelle et sans discordance, le groupe de Potsdam, consistant en schistes et conglomérats, de 1.600 mètres de puissance, avec Cruziana similis, Eophyton *Linnæi*, et diverses espèces de lingules.

On trouve encore à Terre-Neuve, selon MM. Murray et J. Milne, la série calcifère, avec fossiles, et le groupe de Québec débutant par 1.200 mètres de schistes à graptolithes, puis les groupes d'Hudson-River, de Niagara et de Clinton.

Mais, en général, les couches sont très-bouleversées et très-difficilement reconnaissables sur cette île.

Nouvelle-Écosse. — D'après M. Dawson (1), le silurien supérieur de la Nouvelle-Écosse offre, avec l'étage anglais de Ludlow, beaucoup plus d'analogie qu'il n'en a avec le silurien du continent américain. Ainsi les couches dites d'Arisaig contiennent un Homalonotus très-voisin d'H. Knighti; la ressemblance des faunes est telle que Salter regardait comme possible de paralléliser, dans les détails, la coupe d'Arisaig avec celle de Ludlow.

Cette similitude, qui distingue du reste du continent le bord atlantique de l'Amérique, ne se fait pas seulement sentir pour le silurien : on le retrouve aussi dans l'étage carbonifère.

Territoires de l'ouest. — M. White (2) a décrit les faunes siluriennes de l'Utah et du Nevada. La faune primordiale est représentée par les genres Acrotreta, Hyolithus, Agnostus, Conocoryphe, Olenellus, etc.

Le groupe de Québec est indiqué par douze espèces, parmi lesquelles un graptolithe et les Megalaspis belemnurus et Dicellocephalus flagricaudus. Enfin quatre espèces de graptolithes caractérisent des couches synchroniques de la formation de Trenton.

République argentine. — L'étude de fossiles rapportés de la république argentine par M. Stelzner, a permis à M. Kayser (3) de reconnaître l'existence, dans cette région, de la faune primordiale, représentée par les genres Agnostus, Arionellus, Lin-

(1) *Geol. Mag.*, 1877, 57.
(2) *Americ. Journ.* [3], XII, 62.
(3) *Neues Jahrbuch*, 1877, 328.

gula, Obolus, etc. Ces fossiles provenaient de Salta, de Nevado de Castillo et de Tilcuya; dans la chaîne orientale de San Juan Cordillières), M. Stelzner a recueilli des espèces du silurien inférieur.

TERRAIN DÉVONIEN.

TORBAY. — M. Lee (1) a trouvé, dans les schistes rouges dévoniens de Torbay, la faune de goniatites caractéristique des couches de Büdesheim dans l'Eifel, savoir : Goniatites auris, G. retrorsus, G. primordialis, etc. A ces espèces se retrouvent associés les Orthoceras Schlotheimi et Cardium palmatum. Ce niveau représente exactement l'horizon des schistes de Matagne, distingué par M. Gosselet dans le dévonien franco-belge.

BELGIQUE. — M. Firket (2) a découvert des fossiles dans le poudingue de Burnot à Fraipont. Ce sont les Uncites gryphus et Stringocephalus Burtini, c'est-à-dire deux espèces du calcaire de Givet; ce résultat remarquable est confirmé par des raisons stratigraphiques, car, d'après MM. Firket et Dewalque, on observe à Ris-de-Mosbœux, aussi bien qu'à Pépinster, le passage par alternance du poudingue de Burnot au calcaire de Givet. Ainsi une partie des couches rouges, dans cette région, doit être l'équivalent des schistes à calcéoles.

— M. Mourlon (3) a continué ses recherches sur l'étage des psammites du Condroz (4). Cette fois, l'auteur a étudié le massif traversé par la vallée de la Meuse, entre Lustin et Hermeton. L'étage y conserve les mêmes relations stratigraphiques que dans le Condroz : il n'y a pas de superpositions interverties et les groupes représentés gardent la même composition. Mais une ou plusieurs des quatre assises typiques font toujours défaut. Ainsi, dans la bande de Lustin, l'assise de Montfort est seule représentée; celle d'Évieux manque dans les bandes d'Yvoir et d'Anseremme et celle de Montfort dans la bande d'Hastière. De plus, les deux bords de la vallée de la Meuse ne correspondent pas toujours exactement l'un à l'autre.

ARDENNES. — M. Jannel (5) a découvert des fossiles dans le

(1) *Geol. Mag.*, 1877, 100.
(2) *Bull. Soc. géol. de Belgique*, II, cxxiv.
(3) *Bull. Acad. royale de Belgique* [2], XLII, 845.
(4) *Revue de géologie*, XIII, 96; XIV, 111.
(5) Dewalque, *Bull. Soc. géol. de Belgique*, 20 mai 1877. — *Ann. Soc. géol. du Nord*, IV, 235.

poudingue de Fépin, qui forme la base du dévonien de la vallée de la Meuse ; ce sont de nombreuses empreintes de polypiers et d'orthocères. Les grès verts de l'étage de Burnot lui ont également fourni, à Vireux, des trilobites paraissant appartenir au genre Homalonotus. Dans les schistes noirs subordonnés à ces grès de Vireux, M. Jannel a aussi trouvé le Pleurodictyum problematicum.

M. Gosselet a fait observer, à cette occasion, que plus les découvertes paléontologiques se multiplient et mieux on voit que depuis la grauwacke hundsruckienne de Montigny jusqu'à la grauwacke d'Hierges ou base des schistes à calcéoles, il n'y a en réalité qu'une seule faune.

Avesnes. — M. Gosselet (1) a reconnu que les calcaires dévoniens du nord-est de l'arrondissement d'Avesnes, ceux qui fournissent les marbres d'Hestrud, de Rocq, de Cousolre, de Ferrières-la-Grande, au lieu d'appartenir, comme on l'avait cru, au calcaire de Givet, sont l'équivalent du calcaire de Frasne, ou dévonien supérieur, à Spirifer Verneuili ; il est vrai qu'on n'y trouve ni Rhynchonella cuboïdes ni Spirifer nudus ; mais en revanche on y rencontre Rhynchonella boloniensis, Spirifer Bouchardi, Leptæna Ferquensis, c'est-à-dire les espèces du calcaire de Ferques, dans le Boulonnais. Ainsi les calcaires de Ferques, de Ferrières et de Frasne sont une seule et même assise, et si elle varie très-vite dans une direction transversale au bassin dévonien franco-belge, elle présente au contraire une constance remarquable quand on suit ses affleurements parallèlement aux anciens rivages.

Rade de Brest. — M. Ch. Barrois (2) divise le terrain dévonien de la Bretagne en cinq zones qui sont, de bas en haut :

1° Le grès blanc de Landevennec à Grammysia Hamiltonensis, avec Modiolopsis, Cucullæa, Ctenodonta et Orthocères, équivalent du taunusien ou de la partie inférieure du coblentzien.

2° La grauwacke du Faou, à Chonetes sarcinulata, divisible en trois assises : à la base, une grauwacke : au milieu, un calcaire, celui de la rade de Brest à Athyris et Rhynchonelles, au sommet, des schistes à Phacops latifrons et Leptæna rhomboïdalis. Cette zone, qui correspond au hundsruckien, comprend les ardoises de

(1) *Ann. Soc. géol. du Nord*, IV, 238.
(2) *Ann. Soc. géol. du Nord*, IV,

Châteaulin, que les travaux de M. Guillier ont permis de détacher du silurien (1).

3° Les schistes de Porsguen, reconnus pour la première fois par M. Barrois, qui les divise en deux assises : en bas, les schistes à céphalopodes (orthocères, goniatites, bactrites); en haut les schistes du Fret à Pleurodictyum problematicum. Cette zone contient une faune à affinités siluriennes, identique avec celle des schistes de Wissembach dans le Nassau. La superposition des schistes de Porsguen à la grauwacke coblentzienne paraissant évidente, M. Barrois croit que la question relative aux schistes de Wissembach, et sur laquelle nous reviendrons un peu plus loin, doit être définitivement tranchée dans le sens de leur attribution au dévonien.

4° Les lentilles calcaires à Pentamerus de Maine-et-Loire, équivalent des schistes et quartzites à Pentamerus rhenanus du Nassau.

5° Le calcaire de Cop-Choux (Loire-Inférieure), reconnu par M. Bureau et correspondant au calcaire de Haina du Nassau.

A la base du terrain dévonien de la Bretagne se trouve l'étage des schistes et quartzites de Plougastel, jusqu'ici considéré comme dévonien. M. Barrois se demande si cet étage ne devrait pas être attribué au silurien, tout en reconnaissant qu'on pourrait peut-être y voir l'équivalent du gédinien ou dévonien inférieur de l'Ardenne.

Bretagne.— D'après MM. de Tromelin et Lebesconte (2), la série dévonienne dans l'Ille-et-Vilaine, comme dans toute la Bretagne, est composée, de haut en bas, des couches suivantes :

3. { Schistes de Montigné (Mayenne).
Schistes et grauwackes de la Lézaie, de la Coudraie, etc., à Pleurodictyum. }

2. Calcaires à Athyris undata de Gahard, Izé, la Baconnière, avec schistes.

1. Grès à Orthis Monnieri de la Bodinaie, de Gahard, de Saint-Aubin-d'Aubigné, etc.

Les grès de Gahard avaient été primitivement attribués au terrain silurien supérieur. Leurs principaux fossiles sont des Homalonotus, des Grammatomysia et le Pleurodictyum Constantinopolitanum, avec l'Orthis Monnieri.

M. Delage (3) admet aussi que le grès à Grammatomysia forme

(1) Profil géologique, suivant le tracé du chemin de fer d'Angers à Brest par Nantes et Chateaulin, dressé sur les indications de MM. Triger et Delesse, par M. Mille, ingénieur en chef, et par M. Guillier. 1866.

(2) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 614.

(3) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 623.

la base du terrain dévonien aux environs de Saint-Germain-sur-Ille et qu'il repose sur des grès siluriens à graptolithes, supportés eux-mêmes directement par les schistes cambriens de Rennes.

Cabrières. — MM. de Tromelin et Grasset (1) rapportent, mais avec une certaine hésitation, au dévonien les couches qui, à Cabrières, sont intercalées entre les calcaires ampéliteux siluriens et les marbres griottes à goniatites. Elles consistent en un calcaire dolomitique à polypiers, avec Atrypa reticularis, et un calcaire bleuâtre à Phacops occitanicus, Pentamerus Languedocianus. La faune a des affinités à la fois dévoniennes et siluriennes; elle renferme des espèces qui peuvent être regardées comme représentatives des étages F, G, H de M. Barrande. Aussi leur classement dans le dévonien ne peut-il être encore que provisoire.

Région rhénane. — On sait que la position des schistes de Wissembach, primitivement considérés comme supérieurs à la grauwacke de Coblentz, a été récemment l'objet de discussions. Après une comparaison des céphalopodes de ces schistes avec ceux de la faune silurienne, M. Koch a été conduit à les séparer du dévonien en les identifiant avec les étages F et G du Silurien de Bohême. Cette manière de voir a été adoptée par M. Roemer qui a émis l'opinion que les schistes de Wissembach, inférieurs à la grauwacke de Coblentz, étaient eux-mêmes supportés par les quartzites de Greifenstein.

La question, fort délicate à résoudre à cause de l'incertitude des superpositions, a été reprise récemment par M. Maurer (2). Les schistes étudiés par l'auteur et appartenant à l'étage de Wissembach, sont ceux de la vallée de la Ruppbach, affluent de la Lahn.

La faune qu'ils contiennent, quoique renfermée dans une série de couches peu épaisse, se compose d'espèces dont les affinités sont très-étendues, depuis le silurien supérieur jusqu'au dévonien supérieur. Parmi ces espèces figure le Pentamerus rhenanus, connu dans le quartzite de Greifenstein : or il est associé avec des formes incontestablement dévoniennes; il n'y a donc pas de raison pour que les couches de Greifenstein soient rapportées au silurien. En somme, M. Maurer admet que l'ensemble de la faune des schistes de Ruppbach les place à la limite du dévonien inférieur et du dévonien moyen, de sorte que ces schistes, et avec eux ceux

(1) *Association française*, 1877. — *Revue scientifique*, 1er sept. 1877.
(2) *Neues Jahrb.*, 1876, 808.

de Wissembach, occuperaient bien la position qui leur avait été donnée dans l'origine par M. de Dechen, au-dessus de la grauwacke de Coblentz. Telle est aussi, on vient de le voir, la conclusion à laquelle M. Barrois est arrivé par l'étude du dévonien de la rade de Brest.

Brésil. — MM. Derby et Smith (1) ont trouvé la formation dévonienne très-développée au Brésil, au nord d'Ereré; l'épaisseur des couches dépasse 300 mètres et ce système est l'équivalent du grès d'Oriskany. Soixante-quinze espèces y ont été recueillies; plusieurs sont caractéristiques de l'étage d'Oriskany et elles se trouvent mélangées avec des formes franchement dévoniennes. Donc, au Brésil, l'étage en question est dévonien.

Le dévonien supérieur existe au nord d'Ereré, où il a fourni un pareil nombre d'espèces fossiles.

TERRAIN CARBONIFÈRE.

Classification par les flores.

M. Geinitz avait autrefois distingué, dans le terrain carbonifère, cinq zones principales dont chacune était caractérisée par la prédominance d'une famille végétale. Depuis, ce savant (2) a pensé qu'il convenait de réduire ces zones à trois qui sont :

1° A la base : la zone des Lycopodiacées, comprenant le culm ou terrain houiller inférieur;

2° Da zone des Sigillaires ou terrain houiller moyen, dans laquelle se trouve comprise la zone des calamites;

3° Au sommet, la zone des Fougères, ou terrain houiller supérieur, débutant par la zone des annulariées.

Grande-Bretagne. — M. Hull (3) a présenté une nouvelle classification du terrain carbonifère, dont les types sont pris dans le Lancashire, mais qu'il juge applicable à tout l'ensemble du Royaume-Uni. Cette classification comporte trois étages : l'un, supérieur, essentiellement d'eau douce ou d'estuaire, avec une ou deux couches marines ; le second, essentiellement marin, et le troisième, ou étage inférieur, marin dans l'Angleterre et l'Irlande, mais d'eau douce en Écosse.

---

(1) *Americ. Journ.* [3], XII, 465.
(2) *Neues Jahrb.*, 1876, 943.
(3) *Geol. Society*, 25 avril 1877. — *Geol. Mag.*, 1877, 281.

Terrain carbonifère supérieur.	G. T. houiller supérieur du Lancashire (800m) et des autres bassins anglais. Grès rouge de Bothwell en Écosse. F. T. houiller moyen de Lancashire (900m), série du Flat-Coal en Écosse. Couches de Tyrone et Kilkenny (Irlande).
Terrain carbonifère moyen.	E. Couches du Gannister, avec coquilles marines et minces couches de houille (600m) en Lancashire. Série de Pennystone à Coalbrook-dale. D. Millstone-Grit (1.050m) C. Couches d'Yoredale (900m) calcaire supérieur et série des minerais de fer d'Écosse. Schistes à minerai de fer de Lough-Allen avec coquilles marines.
Terrain carbonifère inférieur.	B. Calcaire carbonifère. A. Schiste calcaire inférieur d'Angleterre. — Grès calcifère (tuédien). Schiste carbonifère inférieur et grès de Coomhola d'Irlande, à coquilles marines.— Cet étage est lacustre ou d'estuaire en Écosse.

Les couches du Gannister ne comprennent pas, dans la Grande-Bretagne, moins de 74 ou 75 espèces franchement marines. M. Hull les assimile aux niveaux marins reconnus dans le terrain houiller de Belgique et d'Allemagne.

Nous ferons remarquer que cette classification semble exclure de l'étage carbonifère tout le terrain houiller supérieur, celui qui comprend les bassins de Saarbrück, de Saint-Étienne et du plateau central de la France.

M. Dakyns (1) ne pense pas qu'il soit légitime de classer les couches d'Yoredale avec le millstone-grit. Il pense d'ailleurs qu'il n'est pas possible de donner une classification du terrain carbonifère qui soit applicable à tout l'ensemble du Royaume-Uni.

— M. Lebour (2) a proposé, pour le terrain carbonifère d'Angleterre, ou du moins pour le type de ce terrain qui est développé dans le Cumberland, la classification suivante :

Carbonifère supérieur.	Terrain houiller (coal-measures). Couches du Gannister. Millstone Grit.
Carbonifère inférieur.	Étage *Bernicien* (série d'Yoredale et Scar Limestone). Étage *tuédien* (ou grès calcifère).

Le nom de Tuédien est emprunté à M. Tate, celui de Bernicien à M. Woodward. L'auteur reconnaît qu'il n'y a pas, entre ces deux derniers étages, de ligne de démarcation tranchée et que, de plus, le tuédien, qui, dans son opinion, contient le conglomérat supérieur du vieux grès rouge, se relie intimement à la formation dévonienne.

(1) *Géol. Mag.*, 1877, 312.
(2) *Geol. Mag.*, 1877, 19.

NORTHUMBERLAND. — MM. Topley et Lebour (1) sont d'avis que la couche de basalte connue sous le nom de *Whin Sill*, qui est contenue dans le calcaire carbonifère du Northumberland, est, non pas une nappe épanchée régulièrement entre le dépôt de la couche sous-jacente et celui de l'assise qui la recouvre, mais une nappe intrusive, qui s'est fait jour latéralement entre les plans de stratification.

Les auteurs ont fait voir que le *Whin Sill*, loin d'occuper, comme le croyait Phillips, la base de la série d'Yoredale, peut se trouver, dans la masse du calcaire carbonifère, à des horizons différant entre eux de 300 mètres.

Quant à l'époque de l'éruption, elle ne peut être définie avec précision; elle est vraisemblablement antérieure à l'époque permienne, ou tout au moins à l'époque triasique.

NORD DE LA FRANCE. — M. Breton (2) a étudié le curieux renversement qui amène le calcaire carbonifère et les schistes dévoniens au-dessus du terrain houiller à Auchy-au-Bois. Les fossiles recueillis par lui dans le calcaire et les schistes à phthanites sont ceux de Tournai, notamment le Spirifer mosquensis. Quant aux végétaux du terrain houiller d'Auchy, ils consistent surtout en fougères et en calamites. Les sigillaires y font défaut et M. Breton en conclut que ce système est supérieur à celui d'Anzin, bien qu'il se soit déposé directement sur le calcaire carbonifère. Ainsi les houilles maigres disparaissent successivement à mesure qu'on s'avance vers l'ouest, circonstance qui justifie les prévisions émises par M. Potier (3).

— On doit à M. l'abbé Boulay (4) un travail d'ensemble sur la flore houillère du nord de la France. L'auteur distingue quatre zones paléontologiques.

1° La zone inférieure ou des charbons maigres (Vicoigne, Vieux-Condé, Fresne, Oignies, Carvin, Annœulin), caractérisée par Pecopteris Loshi, Neuropteris heterophylla, Lycopodium Gutbieri, Sigillaria conferta, S. Voltzi, Lepidodendron Rhodeanum, Lepidofloyos laricinus, etc.

2° La zone moyenne ou des charbons demi-gras d'Anzin, caractérisée par l'abondance des sphenopteris et des sigillaires, ces dernières étant représentées par huit espèces.

(1) *Geol. Society*, 6 déc. 1876.
(2) *Étude du terrain houiller d'Auchy-au-Bois.*
(3) *Association française*, session de Lille. — *Revue de géologie*, XIII. 98.
(4) *Le terrain houiller du nord et ses végétaux fossiles.*

5° La zone des charbons gras, avec Sphenophyllum emarginatum, S. Schlotheimi, deux espèces de Neuropteris, cinq de Sphenopteris, trois d'Alethopteris et trois de Sigillaria.

4° La zone des charbons très-gras de Lens, Vermelles, Nœux, Bruay, caractérisés par l'abondance des Annularia sphenophylloïdes, Alethopteris Grandini, Dictyopteris Brongniarti, Sphenopteris acutiloba, S. formosa, S. tridactylos, Sigillaria medicaulis.

La carte jointe au mémoire montre que, conformément aux idées de M. Potier, la première zone s'arrête à l'ouest à Annezin, tandis que la seconde arrive à Lillers et que la troisième seule s'étend jusqu'à Fléchinelle. La quatrième n'est connue que depuis Dourges jusqu'à Cauchy-la-Tour.

Du reste, la répartition des espèces indique que, dans le grand bassin du nord, il devait y avoir plusieurs petits bassins particuliers.

AUTUN. — M. Delafond (1) considère l'anthracite du pont de la Vesvre, près d'Autun, comme contemporaine du terrain porphyrique anthracifère et comme antérieure au terrain houiller de l'Autunois. Ce dernier se divise en deux sous-étages, celui d'Épinac, à la base, qui a de 50 à 100 mètres, et celui des grès et poudingues dont l'épaisseur dépasse 600 mètres et qui renferme, à sa partie supérieure, la couche de houille du Grand-Moloy.

Classification des bassins houillers français.

On sait que M. Geinitz a, le premier, basé la classification des dépôts houillers sur l'étude de leurs flores. Cette méthode vient de recevoir une application remarquable dans un important travail de M. Grand'Eury (2). L'auteur a été amené à diviser l'époque carbonifère en trois périodes, qui sont, de haut en bas :

1° Le terrain houiller supérieur, représenté en France par les bassins de la Loire, de Saône-et-Loire, de l'Allier, du Gard, de l'Aveyron, et en général par tous les dépôts isolés du plateau central ;

2° Le terrain houiller moyen (bassins du Pas-de-Calais et du Nord ; bassin de Vouvant en Vendée) ;

3° Le terrain houiller inférieur, se divisant lui-même en trois assises.

I. La grauwacke récente (houilles et anthracites de la Sarthe, de la Mayenne, de la Basse-Loire et de Saint-Laurs en Vendée).

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 724.
(2) *Mémoires des savants étrangers*, XXIV. — Gruner, *Bull. Soc. géol.* [3], V, 214.

II. Le Culm (anthracites du Roannais et du Beaujolais, grauwacke de Thann).

III. Le calcaire carbonifère.

Au point de vue de la flore, le terrain houiller supérieur est caractérisé par la prépondérance, déjà sensible, des Dicotylédones gymnospermes sur les cryptogames. Les fougères y sont pourtant très-abondantes, en particulier les Pecopteris, Odontopteris et Schizopteris; mais ce qui domine surtout, ce sont les Cordaïtes, voisines des conifères, vers la base, et les Calamodendron vers le haut. Les Walchia apparaissent.

Dans le terrain houiller moyen, les sigillaires constituent la famille dominante. La houille elle-même en est formée. Parmi les fougères, on rencontre surtout les Neuropteris et Sphenopteris.

Enfin le terrain houiller inférieur est caractérisé par les Lepidodendron (lycopodiacées) et aussi par de nombreuses Stigmaria. L'anthracite feuilletée du Roannais est presque entièrement formée d'écorces du Lepidodendron Weltheimianum; la même chose a lieu pour la houille du culm de la Saxe, comme l'a constaté M. Geinitz.

Le bassin de la Loire, qui appartient tout entier au terrain houiller moyen, a été, de la part de M. Grand'Eury, l'objet d'une étude détaillée; il se divise, au point de vue de la flore, en six étages correspondant à ceux que la stratigraphie avait permis de distinguer. Ce sont, du haut en bas :

1° L'étage stérile de Saint-Étienne, poudingue rougeâtre à galets de quartz, qui marque la transition du terrain houiller au permien, et que l'auteur appelle permo-carbonifère; c'est à lui que se rapportent les schistes d'Autun;

2° L'étage des Calamodendrées, ou système supérieur de Saint-Étienne, auquel se rapportent la partie supérieure du bassin de Decazeville;

3° L'étage des Fougères, ou système moyen de Saint-Étienne (bassin de Champagnac dans le Cantal, Commentry, Ahun);

4° L'étage des Cordaïtes, ou système inférieur de Saint-Étienne (Bességes, Blanzy, la Grand'Combe, Langeac);

5° L'étage dit des Cévennes, ou massif stérile compris entre Saint-Étienne et Rive-de-Gier, avec graines silicifiées (Ronchamp, Graissessac, anthracite de la Mure);

6° L'étage de Rive-de-Gier, avec beaucoup de Sigillaria et de Stigmaria, comprenant aussi les anthracites du Briançonnais et des Alpes.

Les couches de Bert, dans l'Allier, sont franchement permiennes.

Mais à Saarbrück, malgré la concordance de stratification, toute la partie principale de la houille exploitée appartient au terrain houiller moyen, tandis que la partie supérieure est permo-carbonifère. Il y a donc là une véritable lacune que la stratigraphie n'indique pas. Le terrain houiller supérieur manque à Saarbrück, aussi bien qu'en Angleterre.

M. de Saporta (1) a fait ressortir toute l'importance que présentent, au point de vue de la botanique, les recherches de M. Grand'Eury; sur plusieurs points, l'auteur a pu rectifier bien des idées reçues relativement à la connexion de certains organes et à la classification des végétaux houillers : il a fait voir que, conformément aux idées de Brongniart, beaucoup d'entre eux avaient plutôt les caractères des gymnospermes que ceux des cryptogames. Il a pu vérifier, en outre, que, dans la houille, les végétaux en place sont universellement répandus et que la masse du combustible est formée de résidus appliqués à plat et se recouvrant mutuellement, c'est-à-dire qu'ils se sont déposés dans un véhicule liquide en repos.

THURINGERWALD.— Le terrain houiller existe dans la partie centrale du Thüringerwald, où il forme des dépôts, avec couches de houille exploitable, superposés au granite ou au micaschiste, et traversés par une foule de filons de porphyre et de trapp. D'après M. Möhl (2), on y a trouvé récemment de nombreux végétaux, tels que Calamites approximatus, C. cannæformis, Pecopteris arborescens, P. oreopteris, Odontopteris Schlotheimi, Annularia fertilis, Asterophyllites equisetiformis; ces espèces *sont celles* de la zone des fougères ou zone supérieure de Geinitz. Avant la découverte de ces fossiles au Moselberg, on ne connaissait de la région que des plantes permiennes, ce qui avait fait mettre en doute l'existence du terrain houiller dans cette contrée.

CARNIOLE. — Le calcaire à fusulines est très-développé dans la Haute-Carniole, où M. Stache (3) a signalé de nouveaux gisements à Fauerburg, Assling, Neumarkt, et dans la vallée de Gerauth. Les espèces les plus fréquentes sont Fusulina princeps, F. cylindrica, F. ventricosa.

En somme, l'extension des couches à fusulines dans les Alpes

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 365.
(2) *Neues Jahrb.*, 1877, 414.
(3) *Verhandl. d. K. K. geol. R.* — *Geol. Mag.*, 1877, 165.

méridionales paraît très-considérable. Ces couches forment divers horizons, tantôt en haut, tantôt en bas de la série carbonifère supérieure. Mais en moyenne elles constituent un groupe homogène, appartenant au carbonifère supérieur, et représentant un faciès côtier contemporain du faciès d'eau douce caractérisé par les végétaux houillers.

RUSSIE.—D'après M. Milne (1), la concordance des couches carbonifères en Russie peut être établie conformément au tableau suivant :

AU SUD DE MOSCOU.	A L'OUEST DE L'OURAL.	A L'EST DE L'OURAL.
1. Calcaire à Fusulina cylindrica.	1. Millstone grit. 2. Calcaire à F. cylindrica. 3. Grès, schiste et houille.	
2. Calcaire à Productus gigas.	4. Calcaire à Prod. gigas.	1. Calcaire à Prod. gigas. 2. Grès, houille et conglomérat.
3. Schiste argileux à stigmaria ficoides et houille.	5. Grès et houille.	3. Calcaire à Prod. gigas. 4. Grès, conglomérat et houille. 5. Calcaire à Prod. gigas.
Dévonien.	Dévonien.	Dévonien.

—M. Trautschold (2) a continué la description des fossiles du calcaire carbonifère de Miatschkowa. Parmi les brachiopodes de ce gisement figurent : Productus cora, P. undatus, P. semireticulatus, P. longispinus, P. scabriculus, P. punctatus, Orthis crenistria, O. resupinata, Spirifer Mosquensis. S. trigonalis, S. cristatus, S. glaber, Rhynchonella pleurodon, Terebratula sacculus, etc.

— M. Lahusen (3) a étudié un gisement carbonifère situé à Tschulkowo, dans le gouvernement de Riazan, et dont l'exploitation a été organisée par M. Struve. Ce gisement a pour base des couches dévoniennes à Chonetes nana. Au-dessus se trouve un dépôt, épais de 40 mètres, d'argiles noires ou grises, alternant avec des sables et contenant six couches de houille dans la partie inférieure. On y trouve les Stigmaria ficoïdes et plusieurs espèces de Lepidodendron. Immédiatement au-dessus de ce système existe une couche calcaire de 1 mètre, contenant le Productus giganteus; mais ce calcaire ne se trouve pas à Tschulkowo; il n'existe qu'à un

(1) *Geol. Mag.*, 1877, 403.
(2) *Neues Jahrb.*, 1877, 330.
(3) *Neues Jahrb.*, 1877, 483.

demi-kilomètre de là, à Sekirino; il doit donc se coincer entre ces deux localités tandis que, vers le nord, il prend de plus en plus de développement.

Asie-Mineure.—M. Spratt (1) a reconnu un gisement carbonifère avec couches de houille à Erekli, sur la côte septentrionale de l'Asie Mineure. Dans les végétaux provenant de ce gisement, M. Etheridge a distingué les genres Lepidodendron, Calamites, Sphenopteris, Sigillaria, Stigmaria, Sphenophyllum. D'autres affleurements de même nature existent dans la contrée.

Sibérie. — M. Schmalhausen (2) a constaté l'existence de la formation carbonifère inférieure dans la Sibérie orientale. En effet, dans des cailloux roulés recueillis par M. Lopatin sur la rivière Ogux, affluent de l'Iénisséi, l'auteur a trouvé les plantes fossiles suivantes : Bornia radiata, Lepidodendron Weltheimi, Stigmaria ficoïdes, etc.

Terre-Neuve.—D'après MM. Alex. Murray et J. Milne (3), le terrain carbonifère est représenté à Terre-Neuve par environ 2.000 mètres de grès rouges, de schistes, de calcaires gris et de conglomérats, ressemblant tout à fait aux couches qui forment la base du carbonifère à la Nouvelle-Écosse. On y trouve des masses importantes de gypse, autour desquelles les roches encaissantes sont contournées et disloquées. Plusieurs couches de houille, dont une de 1 mètre d'épaisseur, y ont été observées.

Illinois.—M. Worthen (4) et ses collaborateurs ont publié une description du terrain houiller de l'Illinois; ce terrain, dont la puissance est de plus de 400 mètres, se divise en deux étages, séparés l'un de l'autre par le calcaire de Shoalcreck et de Carlinville avec Productus longispinus, Spirifer cameratus, Terebratula bovidens, Athyris subtilita, etc. Ce qui caractérise chacun des deux étages, c'est la fréquente intercalation de grès ou de calcaires marins fossilifères au milieu des schistes houillers. Ces intercalations sont au nombre de treize dans l'étage supérieur et de neuf dans l'étage inférieur; leur faune ne subit presque pas de variations dans toute la hauteur du système, tandis que la flore des

(1) *Geol. Society*, 23 mai 1877.
(2) *Verhandl. d. K. K. g. R.*, 23 janv. 1877.
(3) *Geol. Mag.*, 1877, 261.
(4) *Geol. Survey of Illinois*, VI. — *Neues Jahrb.*, 1876, 883.

couches houillères varie depuis celle de la zone des sigillaires jusqu'à celle de la zone des fougères.

Ces circonstances sont très-analogues à celles qui caractérisent le terrain houiller du Nebraska.

Limite supérieure du terrain houiller.

Bohême. — M. Feistmantel (1) classe de la manière suivante les couches caractéristiques des bassins houillers de Pilsen et de Kladno-Rakonitz.

Système supérieur.	*a*. Grès rouges avec araucarites et flore permienne.
	b. Sphérosidérites du bassin de Pilsen, avec animaux permiens.
	c. Flore carbonifère peu abondante (Rakonitz).
	d. Houille à gaz de Rakonitz. Animaux permiens.
	e. Couche de houille.
	f. Flore carbonifère abondante.
	g. Couche de houille.
	h. Houille à gaz de Nürschan, avec faune permienne et riche flore carbonifère.
Système inférieur.	*i*. Flore carbonifère seule, très-abondante.
	k. Couche de houille.
	l. Flore carbonifère.
	m. Couche de houille.

Ainsi, en Bohême, il n'existerait pas de limite tranchée entre les époques carbonifère et permienne, mais il y aurait une association intime entre une flore carbonifère et une faune permienne.

M. Feistmantel rappelle que cette manière de voir a été émise dès 1874 par M. Krejci (2), tandis que, la même année, il se trouvait des auteurs pour mettre la houille de Nürschan au niveau du boghead anglais, c'est-à-dire dans le terrain houiller inférieur. Mais, en 1876, M. Fritsch (3) s'exprimait nettement dans le même sens que M. Feistmantel.

TERRAIN PERMIEN.

Angleterre. — D'après MM. Irving et Wilson (4), la base du terrain permien, dans le nord-est de l'Angleterre, est formée par une brèche qui supporte des grès en plaquettes minces infé-

(1) *Geol. Mag.*, 1877, 105.
(2) *Sitzungsberichte d. K. böhm. Gesellschaft d. Wissenschaft.* 1874.
(3) *British association*, Glascow.
(4) *Geol. Society*, 21 juin 1876.

rieurs au calcaire magnésien. Cette brèche repose en stratification discordante sur la surface dénudée et aplanie du terrain houiller, dont les schistes plongent sous un angle de 15° tandis que les couches permiennes sont à peu près horizontales.

Les auteurs attribuent à la brèche permienne une origine glaciaire.

— M. Aveline (1) signale une discordance de stratification marquée entre le permien et le trias dans les environs de Nottingham. Le permien de cette contrée étant composé de deux étages de calcaires magnésiens, dont chacun est surmonté par une assise de marne, on voit le grès rouge triasique reposer d'abord sur les marnes supérieures, puis sur les marnes inférieures et, enfin, à l'ouest, sur le calcaire inférieur et même sur le terrain houiller. Il y a donc évidemment stratification transgressive.

Tout en admettant cette séparation entre le permien et le trias, M. Aveline croit cependant qu'il y a beaucoup plus d'affinité entre ces deux formations qu'entre le permien et le carbonifère. L'auteur base son opinion sur ce que le grès rouge inférieur serait aujourd'hui reconnu comme du terrain houiller ou même du millstone-grit, tandis que le permien du Staffordshire et du Warwickshire ne serait que du terrain houiller coloré en rouge. Mais il y a là une évidente erreur; les travaux des géologues du continent ont suffisamment établi le passage graduel du terrain houiller au permien; loin d'être uni au terrain houiller anglais, le grès rouge en est séparé par toute l'épaisseur du terrain houiller supérieur, représenté par la plupart des bassins français. Ajoutons que les preuves de discordance indiquées par M. Aveline, entre le permien et le trias, paraissent à M. Wilson (1) très-peu concluantes. Cet auteur signale des variations manifestes dans la nature des sédiments permiens quand on les suit du nord vers le sud; il en conclut que, pendant l'époque permienne, il y a eu des mouvements d'affaissement qui suffisent à expliquer la transgressivité signalée par M. Avèline.

De même que M. Wilson, M. Irving n'attache pas aux faibles indices de discordance signalés entre le permien et le trias plus d'importance qu'aux indices du même genre qu'on peut observer, par exemple, entre le calcaire magnésien et les marnes pourprées

(1) *Geol. Mag.*, 1877, 155.
(2) *Geol. Mag.*, 1877, 238.
(3) *Geol. Mag.*, 1877, 309.

de Mansfield, on bien encore entre le grès bigarré et le keuper de Nottingham.

TYROL. — D'après M. Stache (1), les calcaires à Bellerophon du Tyrol méridional, dans lesquels M. Guembel est disposé à voir une assise triasique avec faune antétriasique, ne contiennent, en réalité, presque aucune forme qu'on puisse assimiler à celle du trias. Le faciès de leur faune est essentiellement paléozoïque; à côté de formes permiennes on en trouve de carbonifères et même de dévoniennes. En résumé, l'auteur voit dans ces calcaires un représentant alpin du Zechstein.

— Le grès de Gröden a fourni, dans le Tyrol méridional, entre Neumarkt et Mazzon, des empreintes végétales appartenant aux genres Voltzia, Baiera, Ullmannia, Calamites. Au premier abord, d'après M. Marschall (2), le faciès de cette flore est triasique : cependant on n'y trouve aucune espèce commune avec la flore dû *röth* de Deux-Ponts. M. Schimper incline à la regarder comme permienne ; ses éléments sont à peu près identiques avec ceux de la flore de Fünfkirchen en Hongrie : or cette dernière, d'après M. Heer, appartiendrait au permien supérieur.

HONGRIE. — M. Heer (3) a déterminé des plantes fossiles, provenant d'un grès à ciment argileux qui affleure près de Fünfkirchen en Hongrie. D'après M. Böckh, ce grès est couronné par un conglomérat grossier à cailloux de porphyre quartzifère, que surmontent des formations évidemment triasiques. Les plantes du grès sont : Baiera digitata, Ullmannia Geinitzi, Carpolithus Klockeanus, C. Eiselianus, etc., c'est-à-dire des végétaux connus dans le Zechstein et dans les schistes cuivreux du Mansfeld. Cette indication concordant avec celle de la stratigraphie, il convient d'admettre l'existence de l'étage permien en Hongrie.

(1) *Neues Jahrb.*, 1876, 887. — *Verhandl. d. K. K. g. R.*, 1876, 257.
(2) *Geol. Mag.*, 1877, 321.
(3) *Jahrb. d. K. ungar geol. R. V.*— *Neues Jahrbuch*, 1877, 438.

TERRAINS MÉSOZOÏQUES.

TERRAIN TRIASIQUE.

CASSEL. — Des traces de pas de reptiles ont été récemment découvertes dans le grès bigarré de Karlshafen, près de Cassel. Ces traces, qui sont très-nettes, appartiennent à un Cheirotherium que M. Hornstein (1) croit distinct du C. Barthi et propose d'appeler C. Geinitzi.

THÜRINGE — M. E. Schmid (2) a décrit le muschelkalk de la Thuringe orientale.

La partie inférieure de l'étage, puissante de 95 mètres, offre une composition lithologique très-uniforme; l'auteur la divise en schiste calcaire inférieur avec plaquettes de célestine, wellenkalk supérieur et calcaire écumeux.

Le muschelkalk moyen, épais de 45 mètres, se distingue par sa forte teneur en magnésie, qui en fait parfois une véritable dolomie : il renferme des gisements de gypse, d'anhydrite et de sel, qu'on exploite à Sulza.

Le muschelkalk supérieur a environ 20 mètres, on y peut distinguer : le calcaire à Lima striata, les couches à Gervillia socialis et Myophoria vulgaris, les couches à Pecten discites, celles à Ter. vulgaris, var. cycloïdes, les couches à écailles de poissons, souvent glauconieuses et les marnes-limites.

La faune du muschelkalk de la région comprend 112 espèces : la flore se réduit à 4 espèces.

VAL TROMPIA. — M. Lepsius (3) a trouvé la Myophoria costata, si caractéristique du *röth* allemand, dans les schistes marneux à Ceratites Cassianus du Val Trompia.

Le muschelkalk inférieur lui a paru représenté par le calcaire à brachiopodes de Recoaro, où il a reconnu la présence de l'Ammonites Studeri. Les fossiles du muschelkalk alpin indiquent, en général, plutôt l'étage inférieur ou wellenkalk.

(1) *Neues Jahrb.*, 1876, 923.
(2) *Neues Jahrb.*, 1876, 878.
(3) *Neues Jahrb.*, 1876, 742.

Quant au muschelkalk supérieur, il peut avoir pour équivalent le système des couches à Halobia. On a du reste retrouvé cette coquille en Allemagne dans le calcaire de Friedrichshall.

LOMBARDIE. — M. Benecke (1) a traité la question, souvent controversée, des couches d'Esino en Lombardie. L'auteur établit que la faune d'Esino est bien caractérisée au Sasso Mattolino, *au-dessous* des couches de Raibl, et que nulle part, en Lombardie, on ne l'a encore observée au-dessus de ces mêmes couches.

Par conséquent, lorsqu'on rencontre dans cette contrée des couches fossilifères du keuper entre le muschelkalk et l'étage rhétien, il convient, d'abord, de reconnaître leur position relativement aux couches de Raibl, ensuite de déterminer leurs affinités avec la faune de Sasso Mattolino. Il peut arriver en effet, là où les couches de Raibl manquent, comme dans la Lombardie orientale et le Tyrol occidental, et sont remplacées par des calcaires ou des dolomies, qu'on rencontre ensemble de vraies couches d'Esino à Diplopora annulata et d'autres, faussement attribuées à ce niveau, avec Gyroporella vesiculifera.

Étage rhétien.

ANGLETERRE. — M. Wilson (2) a décrit une coupe de l'étage rhétien récemment mise à découvert par des travaux de chemin de fer près de Barnston. Au-dessus des marnes du Keuper, avec gypse, viennent 3m,60 de marnes dures bleu clair, que couronnent 5m,65 de schistes (*paper-shales*) à Avicula contorta, avec un bone-bed de 5 centimètres rempli des ossements de poissons habituels. Le tout est couronné par 5 à 6 mètres de schistes bleu foncé, avec nodules calcaires. Sur cet ensemble repose le lias inférieur à Modiola minima et Myacites unioides.

BOURGOGNE. — D'après M. Pellat (3), l'étage rhétien, dans les environs de Couches-les-Mines, comprend, à la partie supérieure, des marnes versicolores, une couche à dents de poissons et des calcaires, avec Avicula contorta, Gervillia præcursor; à la partie moyenne, des marnes et calcaires, avec les mêmes fossiles; à la base, des couches de grès à végétaux (Clathropteris platyphylla),

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 429.
(2) *Geol. Mag.*, 1876, 569. — *Geol. Society*, 8 nov. 1876.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 712.

avec les Avicula Contorta, Anatina præcursor, Mytilus minutus, et un grès à dents de poissons.

Près de la Coudre, dans la forêt de la Planoise, le grès rhétien est remarquable par la grande analogie qu'il présente avec les grès du même âge d'Helsingborg en Scanie. D'après M. Pellat (1), cinq espèces de Mytilus de Scanie se retrouvent à la Planoise, dans les carrières de Rive-du-Bois; les grès à Mytilus et à Pullastra reposent sur d'autres grès à végétaux caractérisés par les genres Equisetum, Tæniopteris, Clathropteris.

FRANCHE-COMTÉ. — M. Henry (2) a publié une description de l'étage rhétien dans les départements du Doubs, du Jura et de la Haute-Saône. Cet étage est constitué, à la base, par des grès, des argiles et des calcaires jaunes cloisonnés, à la partie supérieure par des calcaires foncés, des marnes noires et des marnes bariolées. Il est caractérisé par Avicula contorta, Cardium cloacinum, Anomia Schafhæutli, Pecten Valoniensis, et se distingue aussi bien de l'hettangien qui le surmonte que de l'horizon fossilifère du keuper sur lequel il repose.

LAC DE GARDE. — On doit à M. Nelson Dale (3) une étude géologique, avec carte et profil, de l'étage rhétien dans le val de Ledro, au nord du lac de Garde. L'auteur distingue, au-dessous du Lias, les assises suivantes, de haut en bas.

Rhétien supérieur (calcaire du Dachstein ?)	1. Calcaire dolomitique à gastéropodes. 2. Calcaires gris et noirâtres à Natica, Pinnna, Rhynchonella, Polypiers et poissons.
Rhétien moyen (couches de Kössen).	3. Alternances de schistes foncés et de couches calcaires avec ostrea, pecten, cardium, pinna, mytilus, etc. 4. Calcaire dolomitique avec polypiers et Turbo.
Rhétien inférieur. (dolomie principale).	5. Dolomie en couches puissantes avec avicula exilis, megalodon triqueter, pinna et Turbo. 6. Calcaire compacte noir en couches minces, passant progressivement vers le haut à la dolomie.

SCANIE. — M. Nathorst (4) a étudié la flore des schistes bitumineux inférieurs au grès de Bjuf en Scanie. Ces schistes ont fourni 15 espèces végétales distinctes, dont cinq, Tæniopteris tenuinervis, Otozamites Blasii, Asplenites Ottonis, Nilssonia acuminata,

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 742.
(2) *Mém. Soc. d'émulation du Doubs*, 1875, X, 285. — *Revue géol. suisse.*, VII, 22.
(3) *Neues Jahrb.*, 1877, 430.
(4) *Neues Jahrb.*, 1876, 891.

Pterophyllum acuminatum indiquent l'époque rhétienne; c'est aussi l'âge des schistes à charbon de terre d'Helsingborg. Jusqu'à présent, on connaît 50 espèces de plantes dans la formation charbonneuse de la Scanie.

RÉPUBLIQUE ARGENTINE. — Des fossiles apportés des provinces de la Rioja, de San Juan et de Mendoza, dans la République argentine, ayant été examinés par M. Geinitz (1), ce savant y a reconnu les genres Semionotus, Estheria, Baiera, Tæniopteris, Pterophyllum, Otopteris, Palissya, c'est-à-dire des formes caractéristiques de l'étage rhétien.

TERRAIN JURASSIQUE.

Lias.

YORKSHIRE. — MM. Tate et J. F. Blake (2) ont donné une description détaillée, avec carte géologique, du lias du Yorkshire.

Dans le lias inférieur, les auteurs distinguent les zones des Ammonites planorbis, A. angulatus, A. Bucklandi, A. oxynotus. La zone à A. Turneri est confondue, par eux, avec celle de l'A. Bucklandi ; de même ils ne voient pas de raisons paléontologiques suffisantes pour adopter les zones des A. obtusus et A. raricostatus.

Dans le lias moyen, ils reconnaissent les zones des A. Jamesoni (comprenant celle de l'A. Ibex), A. margaritatus, A. spinatus.

Enfin dans le lias supérieur, ils adoptent les zones des A. annulatus, A. serpentinus, A. communis.

Les couches de passage entre le lias et l'oolithe inférieure sont décrites sous le nom de zone à A. Jurensis.

Dans la partie paléontologique de l'ouvrage, M. Blake s'est chargé des reptiles, poissons, insectes, crustacés, céphalopodes, échinodermes, actinozoaires, porifères et foraminifères. Il a adopté pour les ammonites la nouvelle classification allemande. M. Tate s'est chargé des autres mollusques, des annélides et des végétaux.

ANGLETERRE CENTRALE. — M. Tomes (3) a indiqué la position stratigraphique des polypiers dans le lias des comtés du centre et de l'ouest de l'Angleterre et du pays de Galles. L'auteur mentionne 41 espèces, dont 15 sont décrites comme nouvelles.

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 328.
(2) *The Yorkshire Lias.* — London, 1876. — *Geol. Mag.*, 1876, 511.
(3) *Geol. Society*, 9 mai 1877.

ORNE. — M. Morière (1) a signalé la présence du lias dans un certain nombre de localités du département de l'Orne ; à cette formation appartiennent les grès de Sainte-Opportune, du Bois-de-la-Mousse, de Briouze, les minerais de fer des plateaux de Joué du Plain et Saint-Brice, et une foule de gisements situés près d'Écouché, de Sevray, de Longé, au delà du récif silurien de Montabard.

Le lias superposé aux terrains de transition est constitué par une succession de calcaires, de marnes et d'argiles, où les fossiles ont conservé leur test. Celui qui repose sur le granite comprend des sables siliceux et des grès dans lesquels les fossiles sont réduits à l'état de moules.

BOURGOGNE. — M. Pellat (2) reconnaît, dans le lias inférieur ou sinémurien des environs de Couches-les-Mines et de Nolay, la succession suivante, du haut en bas :

Zone à Ammonites oxynotus (2m).	Couches à A. planicosta.
	» A. oxynotus.
Zone à Belemnites acutus (5m).	Couches à A. stellaris.
	» A. Davidsoni.
Zone à Amm. Bucklandi (5m).	

A Mazenay, au-dessous du calcaire à gryphées arquées, on observe, sur 8m,40 d'épaisseur, l'étage hettangien, divisé en zone supérieure à Amm. angulatus ou foie de veau et zone inférieure à A. planorbis ou lumachelle, C'est dans la zone supérieure que se trouve le minerai de fer exploité par la société du Creuzot.

Étage oolithique inférieur.

ANGLETERRE. — D'après M. Buckman (3), les couches à céphalopodes de Bradford et de Dundry appartiennent au même horizon, c'est-à-dire au sommet de l'oolithe inférieure, et n'ont aucun rapport avec les couches à céphalopodes du Gloucestershire, lesquelles correspondraient à la base de la même formation.

AUXOIS. — M. Collenot (4) classe définitivement ainsi qu'il suit les diverses assises de l'étage bathonien dans l'Auxois :

(1) *Association française*, 1877. — *Revue scientifique*, 1er sept. 1877.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 700.
(3) *Geol. Society*, 21 juin 1876.
(4) *Bull. Soc. des sc. de Semur*, 1875.

9 Zone du Pentacrinus Buvignieri.
8 — de l'Isastræa limitata.
7 — de la Terebratula Cardium.
6 — du calcaire compacte.
5 — de l'oolithe blanche ou calcaire blanc-jaunâtre supérieur.
4 — de l'ammonites arbustigerus.
3 — du calcaire à Pinna ou calcaire blanc-jaunâtre inférieur.
2 — de l'ostrea acuminata.
1 — du calcaire grumeleux.

Les zones 1 à 3 constituent le groupe du fuller's earth, que M. Collenot ne croit pas séparable de la grande oolithe.

MOSELLE.— M. Terquem (1) a décrit les foraminifères contenus dans les marnes du bajocien inférieur de la Moselle ; ces marnes sont subordonnées au calcaire ferrugineux à Ammonites Sowerbyi ; elles renferment 17 genres de foraminifères, formant 88 espèces ou variétés, dont beaucoup sont identiques avec celles du fuller's earth.

SPITZBERG. — D'après l'étude faite par M. Heer (2) des plantes fossiles recueillies au cap Boheman, par MM. Nordenskjoeld et Oeberg, la formation jurassique existe en ce point, où elle est représentée par des grès avec 32 espèces végétales, dont cinq sont connues dans l'oolithe de Scarborough et deux dans le corn-brash. Un Zamites analogue au Z. Feneonis figure aussi dans cette liste.

Étage oolithique supérieur.

ANGLETERRE. — MM. Blake et Hudleston (3) ont fait ressortir la très-grande variabilité des dépôts de l'étage corallien en Angleterre ; les auteurs comprennent sous ce nom les couches comprises entre l'argile d'Oxford et celle de Kimmeridge. Cinq régions principales sont distinguées, celles de Weymouth, du Dorset nord, de la chaîne ouest de Midland, d'Upware et du Yorkshire. Tandis que les affinités paléontologiques du *calcareous grit* inférieur sont oxfordiennes, la faune du coral-rag est plutôt kimméridienne.

BOULONNAIS. — M. E. Sauvage (4) a reconnu la présence d'un

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 477.
(2) *Flora fossilis, arctica*, IV, Zurich, 1877. — *Neues Jahrb.*, 1877, 440.
(3) *Geol. Society*, 10 janv. 1877.
(4) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 438.

véritable Iguanodon dans le terrain kimméridien de Boulogne-sur-Mer. Il a donné à ce reptile, très-voisin de l'Iguanodon Mantelli du wealdien, le nom d'I. præcursor.

— M. Pellat (1) est d'avis de faire rentrer dans l'étage portlandien du Boulonnais les schistes de Châtillon et les grès du moulin Hubert, épais en tout de 30 mètres, et dont il avait fait jusque-là le sommet de l'étage kimméridien. Avec l'ostrea virgula, ces couches contiennent de nombreux fossiles du portlandien moyen, tels que Cardium Morini, Corbula Bayani, Perna Bouchardi, Ammonites gigas. De la sorte, le terrain jurassique supérieur du Boulonnais comprendrait les divisions suivantes.

Portlandien supérieur.		Couches à Astarte similis.
		— à Cardium dissimile.
		— d'Alprech.
		Grès à cardium.
— moyen...		Argiles à Ostrea expansa.
— inférieur.		Grès de Ningle.
		Sables de Terlincthun.
		Poudingue de Châtillon.
		Grès du Mont-Lambert.
		Schistes de Châtillon.
		Grès du Moulin-Hubert.
Kimméridien.	Virgulien........	Argiles et calc. à Amm. Caletanus.
		Grès de Connincthun.
	Ptérocérien.......	Arg. et calc. à Amm. orthoceras.
		Arg. et calcaire à Pholadomya hortulana.
	Astartien........	Grès de Wirvigne.
		Oolithe d'Epitre.
		Grès à Trigonia Bronni.
		Argiles à Ostrea deltoidea.

Il est à remarquer que l'étage portlandien ainsi constitué comprend une grande partie du kimmeridge-clay des Anglais.

Bourgogne. — M. Tombeck (2) a reconnu que le calcaire de Lévigny, près Mâcon, peut se diviser en deux horizons, l'un, inférieur, argovien, avec Ammonites Martelli et ostrea dilatata, l'autre, supérieur, avec Cidaris florigemma, Pecten vimineus, Terebratula vicinalis, Ammonites Marantianus, A. bimammatus, A. polygiratus, ces derniers fossiles caractérisant le corallien. A ces espèces sont associés les A. Palissyanus et A. Fialar, qui indiquent aussi la zone à A. tenuilobatus; dans ce cas, cette zone, à Lévigny, devrait être regardée comme nettement inférieure à l'astartien et occupant un niveau franchement corallien.

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 364.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 556.

— D'après M. J. Martin (1), le callovien n'est représenté, sur le versant méditerranéen de la Côte-d'Or, que par l'assise supérieure à Ammonites athleta ; cette assise elle-même n'existe pas partout, et l'oolithe ferrugineuse oxfordienne à Ammonites cordatus recouvre parfois le bathonien sans intermédiaire. Cette oolithe, peu épaisse, mais riche en fossiles, est couronnée par les calcaires à spongiaires et les marnes à pholadomyes. Puis viennent les calcaires pseudo-lithographiques à Pholadomya lineata et enfin les marnes et calcaires marneux supérieurs à Pholadomya cor et Ostrea caprina, qui terminent l'oxfordien et établissent son passage au corallien.

La faune de l'oxfordien ferrugineux comprend des types de l'oxfordien, d'autres du calcareous grit, d'autres enfin des couches à Ammonites transversarius de Birmensdorf. M. Martin est d'avis, en conséquence, qu'il n'est pas opportun de maintenir l'existence d'un étage argovien distinct de l'oxfordien,

— M. Delafond (2) a décrit le terrain jurassique supérieur de la côte Châlonnaise.

L'étage corallien a de 80 à 100 mètres; il se subdivise en calcaire oolithique rouge à Cidaris florigemma, dalles coralliennes à Ammonites Achilles, Ostrea spiralis, Terebratula insignis, enfin oolithe blanche corallienne à Diceras arietinum et Ostrea solitaria.

L'astartien et le ptérocérien paraissent représentés par 7 ou 8 mètres d'un calcaire jaunâtre à Rhynchonella inconstans et Polypiers.

Au-dessus vient un calcaire hydraulique à O. Thurmanni et Diceras Monsbeliardense, qui, d'après M. J. Martin, représenterait le virgulien.

Enfin la série jurassique, à la montagne Saint-Hilaire, est terminée par 40 mètres au moins de calcaire compacte, avec veines sableuses, offrant parfois la texture d'une brèche à fragments anguleux de calcaire noir. Cette assise pourrait être l'équivalent du portlandien. M. Pellat (3) y a recueilli des nérinées avec le Mytilus Morrisi.

Jura. — M. de Tribolet (4) avait proposé de réunir en un seul étage, dit *rauracien*, le calcaire grumeleux corallien de la Haute-

(1) *Mém. Acad. des sciences de Dijon*, 1877. — *Bull. Soc. géol.* [3], V, 178.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 641.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 651.
(4) *Bull. Soc. géol.* [3], IV. 285. — *Revue de géologie*, XIV, 122.

Marne et l'oolithe à dicérates de Doulaincourt. M. Tombeck (1) a fait observer que cet étage ne pouvait être séparé ni des couches à Belemnites Royeri sur lesquelles il repose, ni de la zone supérieure à Ammonites bimammatus qui le recouvre, car ces assises contiennent, toutes deux, les Amm. Marantianus et A. bimammatus. Mais d'ailleurs le corallien compacte tout entier devrait, en raison de sa faune, être englobé dans ce même étage. Pour cette raison, M. Tombeck préfère considérer le rauracien comme du séquanien inférieur.

Suisse occidentale. — M. Ernest Favre (2) a publié la description des fossiles oxfordiens de la Suisse occidentale. L'étage oxfordien comprend dans cette région deux horizons, l'un inférieur, avec mélange des fossiles de la zone à Amm. cordatus et de ceux de la zone à A. transversarius; l'autre supérieur, contenant en majeure partie les types de la zone à A. transversarius associés à A. bimammatus. Cet horizon est recouvert directement par la zone à A. tenuilobatus.

Russie. — M. Neumayr (3) a décrit la faune jurassique de Skopin, dans le gouvernement de Riazan, au sud de Moscou. Cette faune comprend les Ammonites lunula, A. Mosquensis, A. coronatus, A. Jason, A. Pollux; c'est-à-dire qu'elle a des analogies marquées avec l'argile à Ornati de la Souabe.

L'auteur pense qu'un peu avant le callovien, le bassin russe, jusqu'alors émergé, est devenu une mer où se sont déposés les schistes à bélemnites semblables à ceux de la Crimée et du Caucase; bientôt, vers le callovien moyen, une communication librement ouverte avec l'Europe centrale permettait l'arrivée de types franchement européens. Au commencement de la période oxfordienne, les types européens se mélangent de types indiens et la faune prend un caractère local : puis la communication vers l'ouest se ferme et ainsi les couches à Ammonites virgatus sont bien nettement distinctes des couches contemporaines de l'Occident. Par là se trouve confirmée la série établie par M. Trautschold et comprenant de haut en bas, au-dessous de la couche à inocérames de Simbirsk :

1 Grès glauconieux vert-olive à Amm. catenulatus et A. fulgens.
2 Banc à Aucella mosquensis.

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 24.
(2) *Mém. Soc. paléont. suisse*, 1876, III, 144.
(3) *Neues Jahrb.*, 1877, 331.

3 Couches à Amm. virgatus.
4 Couches à Amm. alternans.
5 Couches à Amm. Jason et a. coronatus.
6 Schistes à Bélemnites de Jelatma.

— M. Trautschold (1) ne partage pas la manière de voir de M. Neumayr sur les communications du bassin russe avec l'Inde à l'époque jurassique. Il lui semble que, même pendant les périodes kimméridienne et portlandienne, il y a eu, en Russie, bon nombre de types appartenant à l'ouest de l'Europe. L'auteur pense que, depuis le terrain silurien, la mer, dans la Russie d'Europe, n'a cessé de se retirer vers l'est., sauf pendant le jurassique moyen, où un mouvement de retour vers l'ouest a permis aux dépôts de cette période de recouvrir directement le calcaire carbonifère. En résumé, il maintient ses assimilations, résumées dans le tableau suivant :

Portlandien.	=	Marne sableuse de Choroschowo.
Kimméridien.	=	Argile sableuse de Mniowniki.
Oxfordien supérieur.	=	Argile de Mniowniki.
Oxfordien inférieur.	=	Argile de Miatschkowa.
Callovien.	=	Argiles de Metkomeline et de Tschulkowa.
Bathonien.	=	Grès de Oschel.

Seulement le grès vert à Ammonites, supérieur aux couches à Aucella de Choroschowo, et que M. Trautschold avait d'abord considéré comme jurassique, lui paraît se rapporter plutôt au néocomien.

Liban. — La présence des étages oxfordien et callovien dans le Liban a été mise hors de doute par les découvertes de M. Lewis (2) au Mont-Hermon. Jusqu'alors, d'après M. Louis Lartet (3), les Cidaris glandifera et Collyrites bicordata étaient les seuls fossiles jurassiques du Liban et de l'Anti-Liban dont l'authenticité fût bien établie. En 1873 et 1874, M. Lewis recueillit, sur le versant oriental de l'Hermon, des fossiles parmi lesquels M. Fraas reconnut Rhynchonella lacunosa, Ammonites transversarius, A. dentatus, A. convolutus, A. hecticus, A. perarmatus, Nucula variabilis, N. ornata, Belemnites semihastatus.

En 1875, la Rhynchonella lacunosa, qui caractérise, comme on sait, les couches de Birmensdorf, fut retrouvée par M. Lewis,

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 474.
(2) *Geol. Mag.*, 1877, 159.
(3) *Géologie de la Palestine*, 120,

en place, au sommet même du Mont-Hermon. Ainsi toute la masse de cette montagne est constituée par du terrain jurassique supérieur, plongeant au sud-est et disparaissant sous le basalte du Hauran.

INDE. — La présence de l'étage jurassique supérieur dans l'Inde a déjà été établie pour le pays de Kachh. Dans les couches qui le représentent, à Burroria, un Plesiosaurus a été récemment découvert par M. Wynne (1). M. Lydekker a décrit ce fossile, qui est presque identique avec le P. dolichodeirus.

Limite supérieure du terrain jurassique.

GRENOBLE. — M. Lory (2) a signalé la liaison intime établie entre les calcaires à Terebratula janitor de la Porte-de-France et les couches à ciment qui les surmontent. En effet, dans les couches à ciment de Fourvoirie, contemporaines de celles de Grenoble, on trouve l'Ammonites Liebigi, fossile des calcaires à T. janitor. Au contraire il y aurait une discontinuité marquée entre ces mêmes calcaires et les assises à Ammonites tenuilobatus.

LÉMENC. — Pour M. Coquand (3), il est démontré que la couche à Terebratula janitor se trouve, au Lémenc, engagée dans l'Argovien à Ammonites tenuilobatus, que surmonte un corallien à Diceras Luci et Cidaris glandifera, synchronique de l'astartien des auteurs. Nulle part la zone à Amm. tenuilobatus n'offre un caractère kimméridien : à plus forte raison la Tereb. janitor ne peut-elle pas être considérée comme appartenant à la série crétacée.

Quant au corallien de Nattheim, rangé par les Allemands dans l'étage kimméridien, M. Coquand cherche à prouver par l'étude des échinides et celle des polypiers que sa faune est celle du corallien de Champlitte, c'est-à-dire bien inférieure à l'astartien.

FAUCIGNY. — M. Ebray (4) pense que les calcaires blancs qui supportent le château de Faucigny, près de Genève, sont oxfordiens ou coralliens; ces calcaires qui se retrouvent au col de Reret, où ils contiennent Collyrites Friburgensis, sont surmontés

(1) *Records of the Geol. Survey of India*, IX.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 8.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 148.
(4) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 568.

là par un calcaire noir à Terebratula janitor, Ammonites subfimbriatus, Zamia Feneonis, Otozamites, représentant le Kimméridien; au-dessus vient un poudingue, supportant, par l'intermédiaire d'une dolomie grenue, les calcaires lithographiques à Aptychus latus, A. lamellosus, dans lesquels M. Ebray est disposé à voir l'équivalent du portlandien.

Argovie. — M. de Loriol (1) considère les couches à Ammonites tenuilobatus de Baden en Argovie comme kimméridiennes et représentant un faciès local du calcaire à astartes. Les fossiles de ces couches, décrits par l'auteur, se rapportent aux genres Serpula, Belemnites, Nautilus, Ammonites.

— On voit, en somme, que le nœud de la difficulté relative au terrain jurassique supérieur consiste dans la définition exacte de la place qu'il convient d'attribuer à la zone à Ammonites tenuilobatus. Cett zone est-elle argovienne, comme le veulent la plupart des géologues du midi, ou séquanienne, comme le pensent les géologues du Jura ?

De récentes observations de M. Tombeck (2) l'ont amené à formuler une conclusion qui, suivant lui, explique la contradiction signalée.

M. Tombeck a remarqué que, dans la Haute-Marne, la zone à Belemnites Royeri peut toujours se diviser en deux horizons, dont l'un, inférieur, correspond à la zone à Amm. tenuilobatus, laquelle se continue par le corallien compacte. De cette manière, la zone à Amm. tenuilobatus, caractérisée par ses ammonites, se reproduit à deux niveaux, séparés l'un de l'autre par un accident corallien intermédiaire, le corallien à glypticus de la Haute-Marne.

Or, dans le midi, il semble que la partie inférieure de la zone à Amm. tenuilobatus soit seule développée; ou bien peut-être, le faciès corallien faisant défaut, la zone conserve du haut en bas le même caractère; elle paraît donc se relier à l'argovien, qui est dessous.

D'autre part, les géologues jurassiens ont appelé ptérocérien, non pas l'étage à ptérocères du kimméridien français, mais bien, en réalité, le calcaire à astartes, et l'on peut s'assurer, par les listes de fossiles, que le séquanien de M. Greppin n'est rien autre chose que l'oolithe de Tonnerre.

---

(1) *Mém. Soc. paléont. suisse*, III, 149.
(2) *Bull. Soc. géol.*, 5 nov. 1877.

Le corallien de Nattheim, qui repose sur la zone à Ammonites tenuilobatus, n'est aussi que l'équivalent du corallien de Tonnerre, et n'a rien de kimméridien ni de portlandien ; si on lui restitue cette position, tout s'explique et la zone à Ammonites tenuilobatus, intercalée entre l'argovien et l'oolithe de Tonnerre, n'est rien autre chose que l'équivalent du corallien moyen, lié par le bas à l'argovien et, par le haut, à l'astartien ou séquanien.

TERRAIN CRÉTACÉ INFÉRIEUR.

ANGLETERRE — M. Ch. Barrois (1) a montré que le *grès vert supérieur* des Anglais pouvait partout se diviser en deux couches, l'assise de Blackdown, ou étage de l'Ammonites inflatus, et celle de Warminster, ou zone du Pecten asper. Au-dessus vient la marne glauconieuse qui sert de base à la craie marneuse à Holaster subglobosus.

Dans la zone à Amm. inflatus, M. Barrois reconnaît deux niveaux, l'un, inférieur, formé de sable micacé et glauconieux, avec bandes argileuses bleues à la base ; l'autre, supérieur, formé de grès jaunâtre ; c'est celui que M. de Rance avait distingué en 1874 sous le nom de zone à Exogyra conica.

M. Jukes Browne (2) propose de réunir la zone de l'E. conica avec celle du Pecten asper et d'en former le grès vert supérieur proprement dit. Cet étage, reposant sur le gault supérieur à *Amm.* inflatus, serait recouvert par la craie marneuse (chalk marl) dont l'ancienne marne chloritée (chloritic marl) formerait simplement la base, cette assise étant trop peu importante pour continuer à être classée à part.

BASSIN DE PARIS. — M. Ch. Barrois (3) distingue, dans le gault du bassin de Paris, les subdivisions suivantes.

Zone de l'Ammonites inflatus.	*a*. Argile glauconieuse de Sancerre, ocre de la Puisaye, marnes de Larrivour, gaize de l'Argonne, gaize supérieure de Rethel, argile de Wissant.
Zone de l'Ammonites interruptus.	*e*. Argile à Epiaster Ricordeaui.
	d. Sable de Frécambault.
	c. Argile des Drillons.
	b. Grès des Drillons.
	a. Argile inférieure.
Zone de l'Ammonites mammillaris.	*a*. Sables verts.

(1) *Recherches sur le terrain crétacé supérieur de l'Angleterre*, Lille, 1876.
(2) *Geol. Mag.*, 1877, 350.
(3) *Bull. Soc. geol.* (3), III, 707.

Dans cet ensemble, M. Barrois a recueilli 315 espèces fossiles, dont 22 seulement sont communes aux trois divisions. La gaize de l'Argonne, qui fait partie de la division supérieure, lui semble pouvoir être partagée en deux horizons : à la base, les couches à nodules phosphatés, se rapportant au gault supérieur de Wissant, au sommet, la gaize proprement dite, avec un bon nombre d'espèces cénomaniennes.

Brienne. — M. Delatour (1) a reconnu que le gault supérieur à Ammonites splendens, déjà signalé à Montiérender, par M. Tombeck, existe aussi aux environs de Brienne. Dans la même localité, le gault inférieur contient, associés avec ses fossiles ordinaires, les Ostrea macroptera, Plicatula placunea, Rhynchonella lata, Terebratula tamarindus, etc., c'est-à-dire des formes aptiennes et même néocomiennes.

Côte-d'Or. — M. Delafond (2) a constaté la présence de l'étage néocomien inférieur à la montagne Saint-Hilaire, près de Châlon-sur-Saône ; c'est un calcaire jaune, avec Pygurus rostratus. Mais le néocomien supérieur serait surtout développé dans cette localité, à en juger par les Pterocera pelagi et Requienia Lonsdalei, déjà signalés en 1856 par Thiollière.

M. Pellat (3) a fait remarquer que le néocomien de Saint-Hilaire ne renferme pas l'Echinospatangus cordiformis, mais contient, en revanche, des Diceras analogues à ceux du valanginien ; sa liaison avec le faciès méditerranéen de l'étage est accusée encore par plusieurs autres fossiles.

Le gault existe aussi à la montagne Saint-Hilaire : une tranchée l'a mis récemment à découvert, sous forme de marnes sableuses ferrifères avec Ammonites Beudanti, A. splendens, A. mammillatus.

Jura bernois. — D'après M. M. de Tribolet (4), le gault de Renan, dans le Jura bernois, déjà décrit par Thurmann et par M. Greppin, forme un seul dépôt sableux où sont mélangées les formes caractéristiques des divers étages du gault. Ainsi on y trouve ensemble les Ammonites inflatus, A. Beudanti, A. Lyelli, A. mammillatus, A. Milleti. Le nombre des espèces reconnues par M. de Tribolet dans ce gisement s'élève à 80.

---

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 22.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 645.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 651.
(4) *Le gault de Renan.* — Délémont, 1877.

TYROL. — M. Hoernes (1) a signalé, dans le Tyrol méridional, aux environs d'Ampezzo et d'Enneberg, plusieurs gisements où le terrain néocomien à Ammonites Rouyanus, A. subfimbriatus, A. Grasianus, se montre indépendant des couches tithoniques et repose directement sur le calcaire du Dachstein.

CARPATHES. — D'après M. K. M. Paul (2), le grès des Carpathes, dans la Bukowine, se divise en trois horizons dont les deux premiers appartiennent au terrain crétacé inférieur ; ce sont :

1° *Grès moyen*, en partie équivalent du grès de Godula en Silésie et du gault ;

2° *Grès inférieur* se divisant en :

A. Assise supérieure : couches de Ropianka, souvent pétrolifères, correspondant au grès néocomien à ammonites de Grodischt :

B. Assise moyenne : conglomérats, grès à plantes carbonisées, marnes à aptychus, calcaires à Rhynchonella lata = calcaires de Teschen ;

C. Assise inférieure : grès calcaire à bélemnites de la vallée de Sara, schistes foncés de Poschoritta = schistes inférieurs de Teschen en Silésie.

TERRAIN CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

FOLKESTONE. — M. Hilton Price (3) a donné, pour la formation crétacée des falaises de Folkestone, une classification qui diffère un peu de celle de M. Ch. Barrois (4). En voici le tableau :

CRAIE SUPÉRIEURE.

Craie inférieure à Inoceramus labiatus.	IX.	Zone des Echinoconus subrotundus et terebratulina gracilis	36m,00
	VIII.	Zone de Cardiaster pygmæus	10m,00
Craie grise	VII.	Zone de Belemnites plenus	1m,20
	VI.	Zone de Holaster subglobosus	45m,00
	V.	Assise de	0m,80
	IV.	Zone de Ammonites rotomagensis	3m,35
	III.	Assise de	2m,60
Chalk marl	II.	Assise de	3m,00
	I.	Zone de Plocoscyphia mæandrina	1m,30

(1) *Verhandl. d. K. K. g. R.*, 1876, 140. — *Revue géologique suisse*, VII, 30.
(2) *Jahrb. d. K. K. g. R.*, XXVI. — *Neues Jahrb.*, 1877, 425.
(3) *Geol. Society*, 7 mars 1877.
(4) *Revue de géologie*, XIV, 127.

YORKSHIRE. — M. Mortimer (1) pense que, dans le Yorkshire, la craie sans silex et la craie avec silex représentent, en général, des dépôts contemporains. La première contient 4,28 p. 100 de silice, tandis que la seconde n'en renferme que 2,12 p. 100; on est fondé à supposer que la plus grande pureté de la craie, dans le dernier cas, provient de ce qu'une notable partie de la silice s'est concentrée à l'état de rognons de silex.

BEDFORDSHIRE. — M. Ch. Barrois (2) a déterminé l'âge de la pierre de Totternhoe, dans le Bedfordshire. Cette couche, regardée par MM. Whitaker et Saunders comme appartenant au chalk marl, est en effet comprise entre la marne glauconieuse et la craie marneuse à Holaster subglobosus. Elle représente la zone à Plocoscyphia mæandrina, et ce fossile s'y montre associé aux Ammonites varians, Ostrea lateralis, Kingena lima, etc.

FRANCE MÉRIDIONALE.— M. Leymerie (3) a publié une description sommaire du terrain crétacé du midi de la France. L'auteur distingue deux régions, celle des Pyrénées et le bassin du Rhône; la première comprend la section des Charentes, communiquant par le détroit de Poitiers avec le bassin de Paris, et la section des Pyrénées proprement dites; dans cette dernière, on voit se succéder, de bas en haut, le calcaire cénomanien à Caprina adversa, la craie de Bidache à fucoïdes, et la craie de Bidart. En passant dans la Haute-Garonne, la craie pyrénéenne prend un tout autre faciès en s'individualisant dans les Petites-Pyrénées de Monléon et de Gensac. La faune de cette craie est caractérisée par les Inoceramus Cripsi, Ostrea larva, Ostrea vesicularis, Ananchytes ovata; dans la partie supérieure se montrent les Hemipneustes. Ces mêmes circonstances se retrouvent à la montagne d'Ausseing; mais au-dessus des couches à Hemipneustes, qui représentent l'assise la plus élevée de l'étage sénonien, on voit apparaître un étage nouveau, puissant de plus de 200 mètres; c'est le *garumnien* de M. Leymerie, formé d'une assise inférieure à Ostrea garumnica et Cyrena garumnica, d'une assise moyenne de calcaire lithographique pauvre en fossiles, enfin d'un retour d'oursins crétacés, considérés ailleurs comme caractéristiques de la craie blanche, et constituant une véritabte colonie sénonienne au milieu de couches postérieures au sénonien.

(1) *Geol. Society*, 21 juin 1876.
(2) *Ann. Soc. géol. du Nord*, III, 145.
(3) *Revue des sciences naturelles*, VI, juin 1877.

Dans l'Hérault, le garumnien est à l'état lacustre : il y avait là, sans doute, une digue qui séparait le bassin des Pyrénées de celui du Rhône. Enfin, dans ce dernier, au-dessus du turonien, à la place que devraient occuper la craie blanche, la craie de Maestricht et le garumnien, on trouve la puissante formation lignitifère de Fuveau, avec la brèche du Tholonet, représentant des argiles rutilantes du garumnien.

CRIMÉE. — D'après M. Coquand (1), la craie à Belemnitella mucronata de la Crimée renferme la même faune que l'étage campanien de la craie d'Aquitaine, c'est-à-dire Baculites Faujasi, Natica Royana, Arca santoniensis, Pecten Dujardini, Janira quadricostata, Ostrea uncinella, O. semiplana, O. lateralis, O. hippopodium, O. patinata, Crania Ignabergensis, Conoclypeus Leskei, etc.

Cette conclusion n'est pas acceptée par M. Hébert (2), qui persiste à croire, jusqu'à plus ample informé, que la craie campanienne de l'Aquitaine est un magnifique développement de la craie de Villedieu et correspond tout au plus à l'assise à micraster coranguinum.

TERRITOIRES DES ÉTATS-UNIS. — M. Meek (3) a décrit les invertébrés fossiles de l'intéressante formation crétacée découverte par M. Hayden dans les territoires de l'ouest des État-Unis.

Le groupe inférieur, ou de Dakota, dont les plantes ont été regardées par M. Lesquereux comme cénomaniennes, contient aussi la Gastrochæna Ostreæ.

La présence des Inoceramus problematicus et Ammonites Woolgari justifie l'attribution au turonien du groupe de Fort Benton; cependant on y trouve encore quelques formes cénomaniennes, comme Scaphites obliquus et Nautilus elegans; mais le groupe de Niobrara, qui vient au-dessus, est franchement turonien : c'est là surtout que se trouve Inoc. problematicus.

Le groupe de Fort-Pierre, riche en grands inocérames, paraît se placer sur l'horizon de Gosau.

Enfin le groupe de Foxhill contient de grandes baculites, des bélemnitelles, et un Inocérame très-voisin de I. Lamarcki.

Ce groupe, évidemment sénonien, est recouvert par les formations tertiaires de la rivière Judith et du Fort-Union.

---

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 86.
(2) *Bull Soc. géol.*, V, 99.
(3) *Report of the U. S. geol. Survey of Territories*, IX. — *Neues Jahrb.*, 1877, 329.

Nouveau-Mexique. — MM. Newberry et Meek (1) distinguent trois étages dans la formation crétacée du Nouveau-Mexique, spécialement développée sur les bords du fleuve San Juan.

L'étage inférieur, avec Exogyra columbella et Ammonites percarinatus, est cénomanien ou turonien inférieur et correspond au groupe de Dakota du Haut-Missouri.

L'étage moyen, équivalent des groupes de Fort-Union et de Niobrara, correspond au turonien supérieur et contient : Inoceramus labiatus, Ostrea congesta, Gryphæa Pitcheri, Ammonites Woolgari.

L'étage supérieur, parallèle aux groupes de Fort-Pierre et de Fox-Hill, mérite, par ses baculites, d'être mis sur l'horizon du sénonien inférieur.

Limite supérieure du terrain crétacé.

Nouvelle-Zélande. — M. Hector (2) considère le groupe d'Ototara, dans la Nouvelle-Zélande, comme une formation de passage entre le crétacé et le tertiaire. Cependant cette formation contient un crustacé éocène, que M. Woodward a décrit sous le nom d'Harpactocarcinus tumidus, un pingouin gigantesque, et le Nautilus zic-zac ; il se pourrait donc qu'elle appartînt réellement au terrain tertiaire, malgré la présence de fragments d'inocérames. D'autre part, on sait que, dans l'ouest de l'Amérique, les inocérames de la craie paraissent associés à des plantes tertiaires.

TERRAINS NÉOZOÏQUES.

TERRAINS TERTIAIRES.

Étage éocène.

Angleterre. — Le riche gisement de plantes fossiles de Bournemouth, appartenant à la partie inférieure de la formation de Bagshot, a été décrit par M. Starkie Gardner (3). L'ensemble

---

(1) *Report of the Exploring Exped.*, 1876. — *Neues Jahrb.*, 1877, 548.
(2) *Geol. Society*, 1876, XXXII, 51.
(3) *Geologist's association.* — *Geol. Mag.*, 1877, 129

des assises comprend : une série inférieure d'eau douce, puissante de 60 mètres ou plus, visible dans les falaises de Studland. Une série moyenne, également d'eau douce, épaisse d'environ 100 mètres, formant les falaises entre Poole Harbour et Bournemouth; enfin une série marine, de 120 à 150 mètres d'épaisseur, visible de Boscombe à High Cliff. La même succession s'observe à Alum Bay.

C'est surtout l'étage moyen qui est riche en empreintes de feuilles. Les genres déterminés avec certitude sont : palmier-éventail, dryandra, azaléa, laurier, acacia, cactus, c'est-à-dire des genres tropicaux, associés au chêne et à l'aulne.

Mons. — M. Delvaux (1) a reconnu la présence de l'étage *heersien* au sud de Mons. Cet étage, formé d'une assise de marnes sableuses plus ou moins glauconifères, est intercalé entre le conglomérat du landénien inférieur et le calcaire grossier de Mons bien caractérisé; ses fossiles consistent surtout en foraminifères, où M. Vanden Broeck a reconnu les genres Polymorphina, Nonionina, Rotalia, Nodosaria, etc.

— MM. Cornet et Briart (2) ont découvert un calcaire d'eau douce à physes, accompagné de marnes lignitifères, et formant, sous la ville de Mons, un étage intermédiaire entre les sables landéniens et le calcaire grossier marin de cette localité. Il est possible que cet étage d'eau douce, dont l'épaisseur à Mons est de 20 mètres, soit l'équivalent des marnes marines heersiennes du Limbourg. On le retrouve aussi sous le territoire de Boussu. On sait d'ailleurs que cette localité et la ville de Mons correspondent à deux dépressions marquées de la surface du terrain houiller.

Brabant et Hainaut. — MM. Vincent et Rutot (3) ont étudié la faune du landénien inférieur dans le Brabant et le Hainaut. Cette faune, en grande partie composée de formes nouvelles, contient aussi plusieurs espèces des sables de Bracheux, notamment Chenopus dispar, Turritella compta, Tornatella parisiensis, Dentalium breve, Cyprina Morrisi, Cucullœa crassatina.

Bruxelles. — M. Rutot (4) a reconnu que les grès fistuleux de l'étage bruxellien des environs de Bruxelles sont dus à un spongiaire

(1) *Mém. Soc. géol. de Belgique*, IV, 51.
(2) *Bull. Acad. roy. de Belgique* [2], XLIII, n° 1.
(3) *Mém. Soc. géol. de Belgique*, IV, 4.
(4) *Ann. Soc. géol. de Belgique*, II, 6.

du genre Stelleta, dont les spicules ont servi de centres d'attraction à la matière siliceuse; les tubulures sableuses du même étage seraient dues à un spongiaire mou, avec spicules calcaires, du genre Dysidea.

L'auteur pense qu'une origine analogue doit être attribuée aux concrétions tuberculeuses du panisélien de Mons et, en général, aux concrétions tubulaires qui caractérisent les divers étages de l'éocène en Belgique.

Bretagne. — D'après M. Dufour (1), le bassin tertiaire éocène connu, dans la Loire-Inférieure, entre Campbon et Saint-Gildas, contient les équivalents de l'étage suessonien supérieur et des divers horizons du calcaire grossier jusqu'aux caillasses. Le suessonien serait représenté par les sables de la Close, avec fossiles des sables nummulitiques. Le calcaire grossier inférieur comprendrait deux niveaux : le niveau inférieur, ou du calcaire grossier de Bergon, le niveau supérieur, ou système à Cerithium giganteum; le banc vert du bassin de Paris serait représenté par des marnes parfois verdâtres, et le calcaire à silex, avec Bythinia et Gyrogonites, qui les surmonte, correspondrait au calcaire de Provins.

Mais ces conclusions ne sont pas admises par M. Vasseur (2). D'après son opinion, partagée par MM. Hébert, Tournoüer et Munier-Chalmas, il n'existe à Campbon aucun représentant de l'étage suessonien ni du calcaire grossier inférieur; c'est avec le calcaire grossier supérieur et les sables moyens que la faune de Campbon offre le plus d'affinités, tandis que le calcaire grossier inférieur à Orbitolites complanata ne serait représenté que par les gisements de Machecoul, d'Arthom et de Chemeré.

M. Vasseur signale la similitude des faunes de Campbon et de Hauteville (Manche). Cela semble indiquer qu'à l'époque éocène, il y avait une communication marine entre ces deux dépôts, probablement par la dépression de la Manche.

M. Matheron avait autrefois proposé d'identifier le calcaire de Campbon avec celui de Saint-Estèphe, dans le Médoc, qui est de l'époque du gypse. MM. Vasseur et Tournoüer rejettent cette assimilation.

Sambre. — M. Gosselet (3) a décrit, sous le nom de Marne de la Porquerie, un dépôt argileux de la base du Landénien qu'on

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 73.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 166.
(3) *Ann. Soc. géol. du Nord*, IV, 179.

observe sur les bords de la Sambre, entre les sables d'Ostricourt et le conglomérat à silex de la base de l'éocène. Cette marne argileuse, tantôt bleue, tantôt verdâtre, diffère essentiellement des dièves crétacées, avec lesquelles elle a souvent été confondue. Elle paraît représenter un faciès particulier de l'argile à silex éocène.

Cette même couche se retrouve, d'après M. Gosselet (1), sous la forêt de Mormal, où elle est recouverte par le limon.

MORTEFONTAINE. — M. Tournoüer (2) a appelé l'attention sur le caractère particulier de la faune des sables de Mortefontaine; ces sables, où l'on voit revenir quelques formes du calcaire grossier, sont intercalés entre deux calcaires lacustres; l'inférieur, ou calcaire de Ducy de M. Munier-Chalmas, caractérisé par Limnæa arenaria et Nystia microstoma, se relie par sa faune à l'éocène moyen; le supérieur, ou calcaire de Saint-Ouen proprement dit, contient Limnæa longiscata. M. Tournoüer pense que le calcaire de Ducy pourrait former la base de l'éocène supérieur ou de l'oligocène inférieur.

LA FRETTE. — MM. Vasseur et Carez (3) ont donné la coupe détaillée des sables de Beauchamp, du calcaire de Saint-Ouen et des dépôts marins inférieurs au gypse, à la Frette près Cormeilles-en-Parisis. Les marnes marines infra-gypseuses sont bien développées et atteignent près de 4 mètres : on y observe un niveau supérieur, à Pholadomya ludensis et un niveau inférieur calcarifère, avec moules de cérites; cette double division se retrouve à Orgemont et à Brie-sur-Marne.

ESSONNE. — MM. Vasseur et Carez (4) ont observé à Essonne, sous les glaises vertes, une marne brune et un calcaire siliceux blanchâtre qui se placent, par leurs fossiles, au niveau des marnes blanches à Limnæa strigosa, supérieures au gypse. On y trouve Planorbis planulatus, Bythinia Duchasteli, B. Pygmæa, B. Sandbergeri, Chara medicaginula. Dans les environs de Paris, au-dessus de la formation gypseuse, les marnes à limnées présentent généralement deux bancs de gypse. A Essonne, où le gypse est remplacé par le calcaire siliceux de Champigny, ces marnes sont très-siliceuses.

Les mêmes auteurs (5) ont étudié, dans les marnes blanches

(1) *Ann. Soc. géol. du nord*, IV, 125.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 476.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 471.
(4) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 277.
(5) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 312.

supra-gypseuses de Ville-Parisis, la couche à Melanopsis, qui est la même que celle à Limnæa strigosa.

Quelques espèces nouvelles de Cypris et de Chara ont été découvertes dans les mêmes marnes par M. G. Dollfus (1)

RILLY. — M. Dollfus (2) a étudié à Villers-Allerand, près de Rilly-la-Montagne, une couche de sables ferrugineux passant au grès, et située à la base des sables blancs de Rilly. Les fossiles de la couche en question lui ont paru identiques avec ceux de Jonchery et de Châlons-sur-Vesle. L'auteur en conclut que les sables et les calcaires de Rilly appartiennent à la partie supérieure de l'étage des sables de Bracheux.

M. Dollfus pense également que la place du conglomérat de Meudon et de la Marne de Dormans est à la base des lignites du Soissonnais.

HONGRIE ET VICENTIN. — MM. Hébert et Munier-Chalmas (3) se sont livrés à une étude comparative des bassins tertiaires éocènes de la Hongrie et du Vicentin.

Ils ont reconnu que l'éocène supérieur est représenté par les marnes de Bude et les couches à Orbitoïdes et Nummulites Tchihatchefi, ayant pour équivalents, dans le Vicentin, les calcaires à polypiers de Crosara, les couches de Priabona et les calcaires à *Cerithium* diaboli. C'est sur cet horizon que se placent les couches à petites nummulites de Faudon et des Diablerets, ainsi que les couches à Serpula spirulæa de Biarritz.

L'assise supérieure de l'éocène moyen est formée en Hongrie par les couches à Nummulites striata, comprenant les bancs à Cerithium corvinum et autres fossiles du tuf de Ronca. Ce dernier se place par sa faune sur l'horizon du calcaire grossier supérieur du bassin parisien. Par suite, le calcaire à Fimbria major représenterait les sables de Beauchamp.

L'horizon des grandes nummulites de San Giovani Ilarione et de Hongrie (Numm. perforata, N. spira, N. complanata) a son représentant dans le calcaire grossier inférieur à Cerithium lamellosum. En même temps cette identité permet de trancher la question, jusqu'alors douteuse, de la superposition des couches de Ronca à celles de San Giovanni.

---

(1) *Bull. Soc. géol.* [3] V, 314.
(2) *Ann. Soc. géol. du Nord*, III, 153.
(3) *Comptes rendus*, LXXXV, 122, 181, 259.

L'horizon du Nummulites lævigata du bassin de Paris aurait pour correspondant le système de Monte Postale à alvéolines, au-dessous duquel vient le calcaire à Nummulites Bolcensis.

Jusqu'ici, on ne voit dans le Vicentin aucune couche dont la faune puisse être rapportée sûrement à l'éocène inférieur parisien. Il en est de même en Hongrie, où les couches les plus anciennes renferment déjà les Fusus Roncanus et Natica incompleta. En somme, M. Hébert regarde les lignites à Cyrena grandis de Hongrie comme l'équivalent des calcaires à Rhynchonella polymorpha de Monte Spilecco, tandis que les couches à Cerithium Bakonicum représenteraient les couches à alvéolines et à poissons de Monte Bolca. Ces deux systèmes ensemble appartiendraient à l'éocène moyen et seraient sans équivalents dans le bassin de Paris.

Il est à remarquer que les lignites à Cyrènes de Hongrie renferment déjà une congérie, la Dreissensya eocenica.

Limite supérieure de l'éocène.

— M. Leymerie (1) pense que la limite entre l'éocène et le miocène doit être placée au-dessus de l'étage de Fontainebleau. Il se fonde sur ce que, dans les Pyrénées, les couches nummulitiques sont partout recouvertes en concordance par le poudingue de *Palassou*, sur les assises relevées duquel s'appuient horizontalement les couches franchement miocènes de la plaine. Or ce poudingue passe latéralement au falun bleu de Grateloup, qui contient la Natica crassatina. Donc la zone à N. crassatina, c'est-à-dire l'étage de Fontainebleau, est antérieure au grand soulèvement pyrénéen, et si, comme le pense M. Leymerie, ce soulèvement doit servir à caractériser la fin de la période éocène, les sables de Fontainebleau doivent être rangés avec l'éocène, ainsi que l'avait pensé M. Deshayes pour des raisons paléontologiques.

Cette opinion n'est pas partagée par M. Hébert (2), qui arrête l'éocène, dans le bassin de Paris, au-dessous des sables de Fontainebleau et, en Hongrie, au calcaire de Bude, immédiatement recouvert par des assises tongriennes.

(1) *Comptes rendus*, LXXXV, 384.
(2) *Comptes rendus*, LXXXV, 259.

Etage miocène.

EUROPE OCCIDENTALE. — M. Ch. Mayer (1) a signalé la constance de la division de l'étage helvétien en trois assises. Ces trois sous-étages, en commençant par le bas, sont dans l'Aquitaine : 1° le falun de Sos et de Gabarret ; 2° le falun supérieur de Saucats et de Gabarret ; 3° le falun de Salles et d'Orthez ; dans la vallée de la Loire : 1° le falun de la Touraine ; 2° la molasse de l'Anjou ; 3° le falun de Noirmoutiers ; dans la vallée du Rhône : 1° le falun du Sausset ; 2° la molasse de Juvignac et de Saint-Paul-trois-Châteaux ; 3° les marnes bleues à turritelles et le calcaire moellon ; en Suisse : 1° le calcaire grossier du Jura ; 2° le grès coquillier ; 3° la molasse marine de Saint-Gall, Lucerne, Berne, la Chaux-de-Fonds et Verrières ; enfin, dans le bassin de Vienne : 1° le niveau de Grund ; 2° le niveau de Burg-Schleinitz ; 3° le niveau de Steinabrunn.

Cette trilogie se retrouve dans la Ligurie et aussi dans les collines de la Superga, sous la forme des sables et marnes serpentineux fossilifères, de la molasse sableuse jaune à bryozoaires et du calcaire serpentineux à grosses lucines.

CHAMBÉRY. — M. Noguès (2) a signalé la présence de l'étage tongrien aux Déserts, près de Chambéry. Cette détermination a été confirmée par M. R. Tournouër (3), pour qui le calcaire nummulitique à Natica crassatina des Déserts est du tongrien inférieur à *faciès* méridional, bien distinct de celui du Jura Suisse et se reliant, par le tongrien de la Ligurie et du Vicentin, à celui du bassin de l'Adour et de la Garonne.

La communication entre ces deux bassins devait vraisemblablement se faire par le détroit de Gibraltar qui, selon M. Pomel (4), est de date très-ancienne.

COMTAT-VENAISSIN. — M. Fontannes (5) classe ainsi qu'il suit les terrains tertiaires supérieurs du haut Comtat-Venaissin, aux environs de Bollène, de Saint-Paul-Trois-Châteaux et de Visan :

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 289.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 308.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], V 333.
(4) *Bull. Soc. géol.* [3] V 336.
(5) *Annales Soc. d'agr. et d'hist. nat. de Lyon*, 1876.

Groupe	Assise	Subdivision
Groupe supérieur ou de Saint-Ariès.	3. Marnes à Congeria subcarinata et Potamides Basteroti.	
	2. Sables à Ostrea cucullata et digitalina.	
	1. Marnes et falun à Cerithium vulgatum et Nassa semistriata.	
Groupe inférieur ou de Visan.	7. Marnes et sables d'eau douce à Helix Christoli.	
	6. Marne sableuse à Ostrea crassissima.	
	5. Sable marneux à Ancillaria glandiformis et Helix Delphinensis.	
	4. Sables à Cardita Jouanneti.	
	3. Marne sableuse à Pecten Beudanti.	
	2. Sables et grès grossiers à Terebratulina calathiscus.	
	1. Molasse à Pecten scabriusculus.	c. Molasse calcaire à Pecten benedictus et Echinolampas hemisphæricus.
		b. Molasse sableuse à Scutella Paulensis.
		a. Poudingue.

M. Fontannes range au sommet du groupe de Visan, dans l'assise n° 7, les marnes à lignites de Hauterives, dans le Bas-Dauphiné, et, avec elles, les tufs de Meximieux ; pour lui, cet ensemble fait encore partie de l'helvétien.

Les sables à Ostrea cucullata seraient l'équivalent des sables à O. undata du Languedoc, et les marnes à Potamides Basteroti de Montpellier et du bassin de Théziers correspondraient aux couches à congéries de Saint-Ferréol. Ces dernières sont toujours supérieures aux couches à Cerithium vulgatum.

SUISSE. — M. Bachmann (1) a étudié la formation de la nagelfluhe, qui joue un rôle si important en Suisse entre les Alpes et le Jura. L'auteur établit que si l'on cherche à préciser la place occupée par les conglomérats de la nagelfluhe au milieu du grand district de la molasse, on voit ces conglomérats former de préférence trois grands espaces triangulaires offrant une grande analogie avec des deltas. La disposition ordinaire des conglomérats, la fréquence de la structure torrentielle, les nombreux passages à la molasse, la diminution de grosseur des galets à mesure qu'on s'avance vers le nord, indiquent avec certitude un dépôt opéré par l'action des fleuves aux dépens du versant nord des Alpes.

Studer et Escher de la Linth ont les premiers émis l'opinion que la nagelfluhe représentait les débris d'une chaîne de montagnes disparue, qui formait sans doute une ligne en avant du bord septentrional des Alpes. M. Bachmann pense que le Stockhorn, près de Thoune, peut être considéré comme un reste de cette chaîne et qu'il a dû fournir les matériaux de la nagelfluhe calcaire du lac.

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 431.

— M. Ch. Mayer (1) place la nagelfluhe de l'Uetliberg, près de Zürich, sur l'horizon du Dinotherium giganteum avec Eppelsheim, le mont Léberon et Pikermi ; ce dépôt serait plus ancien que le creusement des vallées de la molasse et appartiendrait au niveau le plus élevé de la molasse d'eau douce supérieure ou étage messinien. En revanche, la nagelfluhe entre Horgen et Wädenswyl ferait partie du pliocène (étage astien).

Bormida. — Selon M. Ch. Mayer (2), le miocène de la Bormida (*bormidien* de M. Pareto) est intercalé entre le flysch et la molasse d'eau douce : il est donc tongrien, quoique offrant un certain nombre de formes de l'étage des faluns, et correspond à l'étage des sables de Fontainebleau. M. Mayer pense en outre que le tongrien est plus ancien que le soulèvement des Alpes principales, tandis que l'aquitanien est plus récent.

Vicentin. — D'après M. Hébert (3), les calcaires de Castel Gomberto, à Natica crassatina, étant contemporains des sables de Fontainebleau, et ayant pour équivalent en Hongrie les sables à Pectunculus obovatus, les marnes de Laverda, intercalées entre les calcaires à Natica et les couches supérieures de Priabona, doivent être l'équivalent des marnes à cyrènes de Hongrie et du bassin de Paris.

Livourne. — M. Capellini (4) a montré que l'étage du calcaire de la Leitha et des couches à congéries est représenté en Toscane, notamment aux environs de Livourne ; tantôt il repose directement sur l'*alberese*, tantôt il passe par le bas à la molasse et à des conglomérats ophiolithiques.

Les couches à congéries ont fourni, à Lodolaja, de bons exemplaires de Cardium, Melanopsis, Congeria simplex, etc. ; près de Livourne elles sont remplacées par une formation d'eau douce à Melania et Melanopsis.

Partout cet ensemble passe sous les marnes bleues subapennines, auxquelles est nettement superposé le calcaire à Amphistegina d'Orciano.

Sicile. — M. Geyler (5) a étudié la flore des dépôts dans les-

(1) *Neues Jahrb.*, 1876, 946.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 309.
(3) *Comptes rendus*, LXXXV, 6 août 1877.
(4) *Neues Jahrb.*, 1876, 894.
(5) *Neues Jahrb.*, 1876 975.

quels sont contenus les gisements de soufre et de gypse de la Sicile. Cette flore, composée de Phragmites Œningensis, Myrica salicina, Quercus chlorophylla, Juglans vetusta, etc., permet de ranger les dépôts en question à la hauteur de l'étage messinien ou horizon d'Œningen.

M. Stoehr (1) a indiqué, parmi les animaux fossiles de ce gisement, des poissons d'eau douce, tels que Lebias crassicauda, et des insectes, Libellula Doris. L'étage gypsifère repose sur un calcaire à foraminifères avec Pecten, Ostrea, Turritella, Trochus, Buccinum.

Leitmeritz. — M. Engelhardt (2) a décrit la flore fossile tertiaire de Leitmeritz; il y a trois gisements, celui du tuf basaltique de Salesl, celui d'Holaikluk, enfin celui du grès d'eau douce de Schüttewitz; ce dernier appartiendrait au miocène inférieur, étage aquitanien; les deux premiers seraient un peu plus récents et pourraient représenter la transition de l'étage aquitanien à celui de Mayence.

Hongrie. — On doit à M. Koch (3) une étude détaillée des formations tertiaires de Gran et de Visegrad en Hongrie. L'auteur a reconnu l'argile de l'oligocène inférieur, le calcaire d'eau douce oligocène avec lits de lignite, l'argile à cyrènes de l'oligocène supérieur, et les sables à anomies avec lesquels commencent les formations néogènes. Ces sables ne contiennent pas la moindre trace de matériaux trachytiques. Mais ils sont couronnés par un tuf blanc, trachytique, très-fin, qui commence la longue série des éruptions volcaniques de la Hongrie. Ainsi les épanchements trachytiques compris entre Gran et Waitzen, avec leurs tufs, appartiennent au néogène et l'on y peut reconnaître l'étage méditerranéen, l'étage sarmatique et l'étage pontique de M. de Hochstetter. Au-dessus on ne trouve plus que le diluvium et les alluvions.

— MM. Hébert et Munier-Chalmas (4) ont constaté que l'étage des sables de Fontainebleau, avec les marnes à cyrènes, est représenté en Hongrie, avec une fidélité surprenante, par des sables à Natica crassatina, Pectunculus obovatus, Cyprina rotun-

(1) *Bollet del R. Comit. geol. d'Italia*, 1875.
(2) *Neues Jahrb.*, 1876, 973.
(3) *Zeit. d. d. geol. Ges.*, XVIII, 293
(4) *Comptes rendus*, LXXXV, 123.

data, qui recouvrent des couches à Cyrena convexa, Cerithium plicatum et ossements d'Anthracotherium.

Il ne paraît pas y avoir en Hongrie d'équivalent du calcaire de Beauce ; mais les faluns sont représentés par des couches à Ostrea crassissima.

TRANSYLVANIE. — MM. Herbich et Neumayr (1) ont décrit le bassin d'eau douce néogène du Burzenland en Transylvanie. Les dépôts de ce bassin, qui s'étendent irrégulièrement sur les conglomérats éocènes et sur le grès crétacé des Carpathes, se divisent en trois horizons : à la base, des argiles à lignites, avec Cardium Fuchsi et Congéries ; au milieu, des sables et argiles avec la masse principale de la faune des congéries, au sommet des conglomérats, peut-être remaniés à l'époque diluvienne.

Parmi les espèces de ce bassin figurent les Congeria sub-Basteroti, C. triangularis, Pisidium priscum, etc., avec les genres Vivipara, Valvata, Planorbis et Helix.

— M. Cornet (2) a décrit le remarquable gisement de combustible de la vallée de la Zsily, en Transylvanie. Ce gîte, encaissé par du gneiss et des calcaires métamorphiques, est formé par des grès, des psammites et des schistes, avec lits minces de calcaire blanc et de nombreuses couches d'un charbon intermédiaire entre la houille et le lignite. Sur 289 mètres d'une galerie poussée en 1875 à travers le schiste, il y avait 31 mètres d'épaisseur de charbon exploitable. Les empreintes végétales abondent dans ce gisement. M. Heer y a reconnu Osmunda lignitum, Glyptostrobus europæus, Myrica longifolia, Cinnamomum Scheuchzeri, etc. Les coquilles fossiles sont : Ostrea cyathula, Dreyssensia Brardi, Cytherea incrassata, Psammobia aquitanica, Calyptræa sinensis, Cerithium plicatum, C. papaveraceum, C. Lamarcki, etc.

Ce dépôt doit donc être classé dans l'étage oligocène, à la hauteur du tongrien de l'Europe occidentale.

Insectes miocènes.

On doit à M. Goss (3) une note sur le développement des insectes pendant la période miocène. 5.081 échantillons d'insectes provenant d'Œningen ont été étudiés par M. Heer, qui y a reconnu 844 espèces, dont 518 coléoptères. Le grand nombre des

---

(1) *Jahrb. d. K. K. geol. R.*, XXV, 401. — *Neues Jahrb.*, 1877, 323.
(2) *Mém. Soc. géol. de Belgique*, IV, 26.
(3) *Geol. Mag.*, 1877, 163.

coléoptères herbivores de ce gisement indique un climat plus voisin qu'aujourd'hui de celui des tropiques.

Le miocène moyen de Radoboj a fourni environ 312 espèces, parmi lesquelles les hyménoptères dominent. On y a trouvé trois espèces de papillons.

Les lignites miocènes d'Allemagne ont donné 215 espèces; enfin, dans les calcaires d'Auvergne et autres couches contemporaines, M. Oustalet a reconnu 49 espèces, dont 30 appartenant à l'ordre des diptères.

Étage pliocène.

IRLANDE. — M. Hardman (1) a signalé, sur les bords du Lough Neagh, en Irlande, un gisement d'argiles fossilifères reposant en discordance sur le basalte miocène. Ces argiles, que l'auteur rapporte à l'époque pliocène, contiennent une coquille d'eau douce du genre Unio. Mais le mauvais état de conservation de cette coquille rend la détermination assez douteuse, et d'autres savants ont cru y voir les caractères d'une modiole ou d'un mytilus.

CRAG D'ANGLETERRE. — D'après M. S. Wood senior (2), le crag anglais se divise en deux étages; l'étage supérieur ou du crag rouge, subdivisé lui-même en trois assises, dont l'inférieure est formée par le crag de Walton et la supérieure par le crag fluvio-marin, et l'étage inférieur, crag blanc ou crag corallin.

La proportion des espèces vivantes est presque identiquement la même dans les deux étages du crag. Mais, tandis que dans le crag corallin, il y a 52 formes méditerranéennes qui ne vivent plus dans les mers anglaises, et 20 seulement possédant le caractère inverse, dans le crag de Walton, les chiffres sont respectivement 12 et 13; dans le reste du crag rouge les espèces anglaises ne vivant plus dans la Méditerranée sont deux fois plus nombreuses que les autres; dans le crag fluvio-marin, la proportion est de 5 à 1, enfin elle monte à 19 pour 1 dans les couches de Chillesford.

En même temps, on trouve que le nombre des espèces arctiques augmente à mesure qu'on s'élève du crag aux formations glaciaires.

— M. Whitaker (3) a fait remarquer que ce qu'on a pris

(1) *Geol. Mag.*, 1876, 556.
(2) *Palæontogr. Society*, XXVII. — *Geol. Mag.*, 1877, 2[illegible].
(3) *Geol. Society*, 8 nov. 1876.

souvent pour une surface d'érosion, séparant le crag rouge coquillier de Suffolk d'un certain sable non fossilifère, n'est en réalité qu'une ligne de dissolution. Le sable sans fossiles est du crag rouge dont les coquilles ont été dissoutes par les eaux d'infiltration. L'auteur cite comme preuves la continuité des lignes de fausse stratification de l'un des dépôts à l'autre, et la découverte d'empreintes de coquilles dans les nodules ferrugineux du sable.

Cette opinion est partagée par MM. Searles Wood junior et Harmer. Elle est tout à fait d'accord avec les observations faites en Belgique par M. Vanden Broeck (1) sur certains phénomènes de coloration des sables tertiaires.

Anvers. — D'après M. Gosselet (2), les sables noirs d'Anvers ou sables d'Edeghem à Panopœa Menardi, au lieu d'être rapportés au système diestien, doivent être rangés dans le système boldérien. Le vrai diestien serait, à ses yeux, l'équivalent des sables supérieurs d'Anvers ou sables de Caloo à Fusus antiquus, de telle sorte que cet étage ne représenterait, en réalité, que la partie supérieure du scaldisien.

De même que M. Gosselet, M. Cogels (3) croit que le conglomérat de galets et de fossiles du Bolderberg, que Dumont avait regardé comme diestien, représente une formation remaniée, dont les éléments sont empruntés à des dépôts antérieurs. L'auteur accepte l'assimilation des sables à panopées au boldérien.

— M. Mourlon (4) a reconnu qu'il y avait lieu d'admettre à Anvers, entre les sables noirs à pétoncles du système diestien et les amas scaldisiens ou le vrai crag, une couche de sables verts contenant une faune toute spéciale. Cette faune renferme les Ostrea navicularis, Pecten Caillaudi, P. Danicus, Terebratula grandis et une foule de cétacés dont M. Van Beneden a fait le genre Heterocetus. Les Plésiocètes et les Baleines n'en font pas partie et demeurent ainsi caractéristiques du crag proprement dit. Les ossements d'Heterocetus se rencontrent en nombre prodigieux et les séries de vertèbres y sont souvent disposées dans leur connexion anatomique, ce qui prouve qu'il ne s'agit pas d'ossements remaniés.

---

(1) Voir plus loin et aussi *Revue de Géologie*, XIV, 186.
(2) *Ann. Soc. géol. du Nord*, IV, 1.
(3) *Ann. Soc. malacolog. de Belgique*, XII.
(4) *Bull. Acad. roy. de Belgique* (2), XLII, 760.

La présence des Carcharodon megalodon et Ostrea navicularis engage M. Mourlon à placer les sables verts à la partie supérieure du système miocène, dans ce groupe que plusieurs auteurs ont appelé mio-pliocène. D'après cela, la même conclusion s'appliquerait, *à fortiori*, à l'étage diestien.

L'étage pliocène ne comprendrait plus, dans ce cas, que le crag, gris à la base, jaune-rougeâtre à la partie supérieure, et caractérisé par les cétacés des genres Plesiocetus, Balæna, Balænula, Balænotus, Megapterosis, ainsi que par dix espèces de phoques récemment étudiées par M. Van Beneden et stratigraphiquement classées par M. Mourlon (1).

— Il y aurait, d'après cela, un désaccord assez notable entre les observations de M. Mourlon et celles de M. Vanden Broeck (2). Ce dernier, en effet, range dans le pliocène, non-seulement les sables verts et les sables à pétoncles, mais encore ceux d'Edeghem à Panopæa Menardi. En outre, dans son opinion, les ossements d'Heterocetus du sable vert ne sont pas en place; ils appartiendraient au vrai crag scaldisien et seraient venus s'échouer sur une plage diestienne déjà émergée. Enfin M. Vanden Broeck n'admet pas l'assimilation faite par M. Gosselet des sables ferrugineux diestiens aux sables supérieurs d'Anvers. Ces sables ferrugineux seraient seulement un faciès côtier de l'ensemble des sables inférieurs d'Anvers, depuis les sables d'Edeghem jusqu'aux sables verts.

M. Vanden Broeck pense que la coloration des sables verts est due seulement à un commencement d'altération de la glauconie; cette altération, plus avancée, aurait déterminé leur transformation en sables ferrugineux (3).

FRANCE ET BELGIQUE. — M. Ortlieb (4) attribue les dépôts diestiens du nord de la France et de la Belgique, non pas à l'action marine, mais à celle d'un fleuve important qui aurait eu sa source en Angleterre, non loin des origines actuelles de la Tamise, et se serait déversé dans la mer pliocène entre Gand et Louvain après avoir traversé Folkestone, le cap Blanc-Nez, Cassel, Lille et Tournai. Dans cette hypothèse, le terme de diestien deviendrait en partie, comme l'a déjà indiqué M. Gosselet, synonyme de scaldisien.

(1) *Bull. Acad. roy. de Belgique* (2), XLIII, 603.
(2) *Ann. Soc. malacologique de Belgique*, IX.
(3) *Revue de Géologie*, XIV, 186.
(4) *Ann. Soc. géol. du Nord*, III, 99.

— M. Chellonelx (1) a signalé la disposition en couches inclinées des grès diestiens reconnus par M. Ortlieb et par lui sur les buttes des Noires-Mottes, au cap Blanc-Nez. La même disposition irrégulière s'observe au Monts-des-Chats, près de Cassel, et aussi aux environs d'Anvers. Elle ne semble pouvoir être attribuée qu'à des affaissements du terrain sous-jacent.

TERRAINS QUATERNAIRES.

COUCHES PRÉGLACIAIRES.

NORFOLK. — MM. S. Wood junior et Harmer (2) ont cherché à démontrer que le *forest-bed* de Kessingland, loin d'être surmonté par le crag de Norwich et l'argile de Chillesford, était au contraire déposé dans un ravinement opéré à travers cette dernière formation.

Les auteurs sont d'avis que le lit pierreux de la base du crag de Norwich, avec coquilles marines et débris de mammifères, est, non pas un ancien sol, mais un dépôt de remaniement.

Quant à l'âge de ce forest-bed relativement aux dépôts glaciaires, MM. Wood et Harmer le croient postérieur au drift contourné ou boulder-clay inférieur; mais cette opinion est combattue par M. Blake (3). Cet auteur a établi l'existence de la couche à racines et à débris de mammifères à Hopton et à Corton, localités intermédiaires entre Kessingland et Cromer. Pour lui, comme pour M. Gunn, il y a identité entre le forest-bed de Kessingland et celui de Cromer; ce sont donc des dépôts préglaciaires et non interglaciaires.

— Les couches préglaciaires des environs de Cromer ont encore été étudiées par M. Reid (4). L'auteur reconnaît, à la base de la série, au-dessus des couches de Chillesford, un dépôt, tantôt marin et constituant les sables de Weybourne, tantôt d'estuaire et formant alors le forest-bed de Norfolk. Il n'admet pas que les arbres de cette couche aient vécu à la place où on les recueille; tous, à ses yeux, y ont été amenés par flottage. Les débris d'éléphants s'observent à la base du forest-bed.

(1) *Ann. Soc. géol. du Nord*, III, 20.
(2) *Geol. Society*, 8 nov. 1876.
(3) *Geol. Mag.*, 1877, 298.
(4) *Geol. Mag.*, 1877, 300.

Au-dessus de cette assise vient une couche d'eau douce à radicules d'arbres ou plutôt d'arbustes, que l'auteur assimile à la couche de Kessingland. Avec des mammifères, dont la plupart sont connus dans le forest-bed, cette couche fournit bon nombre de coquilles terrestres et d'eau douce.

Enfin le sommet de la série (recouverte par le drift contourné) est formé par une couche marine à Leda myalis, Cyprina islandica et Mya truncata, qui se sépare nettement des dépôts glaciaires auxquels elle sert de base.

— M. Norton (1) est d'accord avec M. Reid, pour constater qu'en dépit de l'opinion généralement admise, il n'y a encore aucune preuve directe que les arbres du forest-bed aient vécu *in situ*. Leurs racines sont toujours brisées et ils peuvent parfaitement avoir été amenés par flottage dans la position qu'ils occupent aujourd'hui.

Mais cette opinion est combattue par M. Gunn (2). Ses observations personnelles jointes à celles de MM. Lyell, Woodward, Symonds, etc., ne lui permettent pas de doute à cet égard. Il rappelle que de nombreuses feuilles d'arbres et des cônes de pins se trouvent dans l'argile de Cromer auprès des troncs pourvus de leurs racines et que, dans les cavités de la dent d'un Rhinocéros etruscus trouvé au même endroit, M. Falconer a obtenu des restes de conifères ; il lui paraît donc tout naturel d'admettre que les mammifères, tout comme les végétaux dont ils faisaient en partie leur nourriture, ont vécu là *in situ*.

FORMATIONS GLACIAIRES.

Période glaciaire en général.

M. Torell (3) indique les phénomènes suivants comme caractérisant l'établissement de la période glaciaire : 1° abaissement de la température et formation des glaciers ; 2° mouvement de progression de la glace jusqu'à son extrême limite ; 3° formation des moraines de fonds et des moraines latérales et terminales ; 4° éloignement ou recouvrement par la glace ou par les moraines de fond des dépôts d'alluvions formés par les rivières glaciaires. Il résulte de là qu'une coupe géologique à l'extrémité libre de la glace doit offrir en pareil cas, de bas en haut, l'une des deux sé-

(1) *Geol. Mag.*, 1877, 320.
(2) *Geol. Mag.*, 1877, 335.
(3) *Americ Journ.* [3], XIII, 76.

ries suivantes : I. *a* couches préglaciaires ; *b* dépôts glaciaires stratifiés ; *c* moraine de fond ; *d* glace et moraine terminale : II. *a* roches striées ; *c* moraine de fond ; *d* glace et moraine terminale. La série I est la plus commune dans les parties de l'Europe couvertes par les blocs erratiques de provenance scandinave. La série II s'observe généralement en Scandinavie et aux États-Unis.

Le mouvement rétrograde d'un glacier pendant la période de fusion est caractérisé : 1° par la formation de moraines supérieures ou terminales, qui sont plus ou moins nivelées par les mouvements locaux alternatifs de progression ou de recul ; 2° par la superposition de dépôts alluviens stratifiés à la moraine jaune non stratifiée. On doit donc observer de bas en haut ; *a* couches préglaciaires ; *b* dépôts stratifiés ; *c* till ou moraine de fond ; *d* moraines terminales nivelées, à matériaux non stratifiés ; *e* couches stratifiées déposées par des rivières dont les sources vont sans cesse en s'abaissant.

La moraine de fond est caractérisée par sa couleur bleue, due à l'exclusion de l'oxygène de l'air, sa compacité, sa densité, ses blocs roulés et polis. Les moraines terminales sont jaunes ou rougeâtres à cause de l'oxydation atmosphérique et les blocs, presque tous anguleux, sont rarement striés.

M. Gaudry (1) pense qu'on peut compter, dans la période quaternaire, au moins trois phases à partir de l'âge représenté par le forest-bed du Norfolk : 1° la phase glaciaire du boulder-clay ; 2° la phase du diluvium ou drift, marquée peut-être par un adoucissement de température qui a amené les immenses fontes de glace auxquelles a été due l'extension des cours d'eau ; 3° enfin, la phase appelée âge du renne, qui paraît représenter un retour momentané à un climat froid.

M. Searles Wood junior (2) a tiré quelques conséquences géologiques, d'une observation recueillie dans la dernière expédition arctique. M. Nares a constaté que, à l'extrémité nord du Groënland, aussi bien que sur la rive opposée du détroit de Smith, les glaciers n'atteignent pas le bord de la mer, et il attribue ce résultat à ce que les chutes de neige en hiver sont inférieures à ce que la chaleur de l'été peut fondre. Suivant M. Wood, ce fait rend invraisemblable la possibilité d'une calotte polaire arctique formée par l'accumulation indéfinie de la neige. Comme, d'ailleurs, malgré cette absence de glace continentale, le froid n'en est pas moins

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 451.
(2) *Geol. Mag.*, 1877, 43.

extrême dans cette région, et supérieur à celui qui règne dans les parties couvertes de glace, cela prouve que le froid de la période glaciaire n'exigeait pas une accumulation de neige plus abondante qu'aujourd'hui.

M. Judd (1) ne croit pas à l'existence d'une période glaciaire générale. Il n'y a eu, dans son opinion, que des phénomènes glaciaires locaux. MM. Hector, de Hochstetter, Haast et Hutton, après une étude détaillée de ces phénomènes dans la Nouvelle-Zélande, ont été conduits à en chercher la cause dans une étendue beaucoup plus grande des champs de neige qui alimentaient les glaciers. De même, M. Judd pense que, pour rendre compte de tout ce qu'on observe dans le massif alpin, il suffit de restituer, par la pensée, aux champs de névé situés au-dessus de la limite des neiges perpétuelles, une amplitude plus grande, en substituant quelque chose comme un vaste plateau à cet assemblage de pics et d'aiguilles que séparent de profondes découpures.

Grande-Bretagne. — Les *Kames* ou *Eskers*, ces curieuses accumulations de sables, de graviers et de galets sous la forme de collines, de traînées et de terrasses, qui caractérisent les régions voisines de la mer du Nord, ont été étudiés, dans les environs de Newport, par M. J. Durham (2). L'auteur est d'avis que la plus grande partie des matériaux des Kames vient des anciens glaciers; que ces matériaux ont été déposés et disséminés naturellement sur le fond de la mer, quand le niveau de cette dernière était plus élevé qu'aujourd'hui; enfin que la forme actuelle des Kames n'est due à aucune action exceptionnelle et résulte simplement du jeu normal des agents d'érosion.

A l'appui de son opinion, M. Durham fait remarquer que les matériaux des Kames ne sont pas empruntés au sous-sol avoisinant, mais viennent tous du nord-ouest et que, d'une manière générale, plus leur distance aux collines est grande, et plus les graviers et sables deviennent fins, en même temps que leur stratification s'accentue davantage.

Norfolk et Suffolk. — M. Belt (3) pense que les débuts de la période glaciaire, dans le Norfolk et le Suffolk, ont été marqués par les phénomènes suivants:

---

(1) *Geol. Mag.*, 1876, 533.
(2) *Geol. Mag.*, 1877, 8.
(3) *Geol. Mag.*, 1877, 156.

• La forêt de Cromer se développait avant que la mer du Nord eût été fermée au nord par les glaces.

2° Les couches fluvio-marines supérieures au forest-bed et les sables caillouteux, à la base des argiles laminées, se déposèrent quand la mer devint en partie obstruée et que l'eau, légèrement mélangée d'eau douce atteignit un niveau un peu supérieur.

3° Le dépôt des argiles laminées s'effectua quand la glace, fermant la mer du Nord, la transformait en un lac d'eau douce ou saumâtre, cherchant son écoulement vers le sud-ouest par le Pas-de-Calais.

4° Le Pas-de-Calais ayant été creusé, le lac s'abaissa, pendant que la glace s'avançait au sud sur le lit de la mer du Nord.

5° La glace atteignit la côte de Norfolk, bouleversant les argiles qu'elle rencontrait, et, parfois, les poussant devant elle, ainsi que de grosses masses de craie marneuse et d'argile kimméridienne.

—MM. S. Wood junior et Harmer (1) admettent qu'il y a, dans l'est de l'Angleterre, une discordance entre le terrain glaciaire inférieur et le glaciaire moyen. Après le dépôt du drift contourné, il y aurait eu érosion et formation de vallées dans lesquelles seraient venus ensuite se déposer, d'abord le glaciaire moyen, puis le glaciaire supérieur débordant par-dessus les précédents.

FORMATIONS GLACIAIRES ET ALLUVIONS.

PICARDIE. — M. N. de Mercey (2) a donné une classification de la période quaternaire en Picardie. Cette classification est résumée dans le tableau suivant :

Quaternaire.	Postdiluvien.	*néerlandien.*	Ages du fer, du bronze et de la pierre polie.
	Diluvien et antédiluvien.	*hesbayen...*	Age de l'extinction des espèces tempérées. Age du renne et de la pierre taillée en lames.
		ambianien..	Age du mammouth et de la pierre taillée à éclats.
		carnutien. .	Age de l'Elephas meridionalis associé aux espèces des régions froides.

Le dépôt néerlandien comprend le cordon littoral moderne, les alluvions modernes postglaciaires et les dépôts meubles du même âge.

(1) *Geol. Society*, 8 nov. 1876.
(2) *Soc. linnéenne du nord de la France*, 14 août 1875.

L'hesbayen supérieur est le limon glaciaire.

L'amblanien comprend : le cordon littoral ancien et les alluvions anciennes interglaciaires avec leurs dépôts meubles.

Enfin le carnutien, caractérisé à Saint-Priest, renferme les alluvions des rives et les graviers de fond des cours d'eau des terrasses.

Environs de Paris. — M. Desnoyers (1) a donné quelques détails sur une découverte d'ossements de mammifères, faite à Saint-Brice-Sarcelles, entre Épinay et Luzarches, dans une argile verte subordonnée à des limons et graviers, à l'altitude de 65 mètres. Cette couche appartient aux graviers des hauts niveaux de Belgrand. Les ossements n'y sont pas roulés. L'éléphant paraît intermédiaire entre l'Elephas antiquus et l'Elephas meridionalis : il est associé à des os de rhinocéros, de cheval et de cerf.

Maconnais. — M. Arcelin (2) a cherché à retracer la série des phénomènes qui ont marqué la période quaternaire dans le Mâconnais.

Le premier de ces phénomènes est l'invasion de la Bresse par le glacier du Rhône et la formation d'un barrage entre le Bugey et le Lyonnais. Les eaux de la Saône étant retenues à un niveau élevé par le barrage du glacier, une grande nappe d'eau boueuse couvre la Bresse et dépose des alluvions et des graviers jusqu'à la *cote 270* ; les petites vallées des affluents de la Saône sont envahies par des glaciers dont les cônes de déjection viennent rencontrer les dépôts du lac Bressan à la même altitude de 270 mètres. Ces petits cônes ou deltas sont formés principalement d'argile à chailles.

Le creusement de la vallée de la Saône a déterminé un abaissement de 100 mètres pour le plan d'eau : M. Arcelin explique ce creusement par les pluies diluviennes d'une véritable période *pluviaire* qui aurait suivi de près ou accompagné l'époque glaciaire.

Franche-Comté. — M. Benoît (3) a déterminé et tracé sur une carte spéciale le parcours suivi par les blocs erratiques de provenance alpine dans les vallées du Jura français. Les blocs venus du sud-est, après avoir traversé la plaine d'Yverdon et de Neufchâtel, traversaient la chaîne du Jura par diverses routes ; les uns contournaient le Chasseron à l'est et remontaient le val Travers jus-

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 132.
(2) *Annales de l'Acad. de Mâcon.* 1877.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 61.

qu'à Saint-Sulpice. D'autres franchissaient la crête de Sainte-Croix, à 1.200 mètres d'altitude, et se réunissaient à Pontarlier avec ceux qui avaient passé à 760 mètres entre le Suchet et le mont d'Or. A partir de Pontarlier, les traces des blocs alpins se retrouvent, d'un côté jusqu'à Salins, de l'autre jusqu'à Nods et Ornans. Quant aux moraines jurassiennes, elles forment une traînée presque perpendiculaire à la précédente, dans les vallées du Drugeon et de l'Ain; mais ce sont les glaciers du Jura qui ont, en quelque sorte, relayé le transport des blocs alpins jusque dans le vallon de la Loue après avoir, auparavant, fonctionné isolément pour leur propre compte.

La présence de blocs alpins dans les environs de Pontarlier avait déjà été constatée par Saussure. Tout récemment, MM. Vézian et Choffat ont trouvé sur le flanc du mont Poupet, à 750 mètres d'altitude, un fragment de gneiss des Alpes.

Pyrénées. — M. Piette (1) a reconnu que le sommet du mont Cazaril, situé près de Bagnères-de-Luchon, à 1.481 mètres d'altitude, est jonché de blocs erratiques de dimensions considérables, consistant en granite du port d'Oo. Ces blocs ont été charriés par le glacier quaternaire de la Pique, qui devait avoir 859 mètres de puissance au moins à Luchon et 875 à Juzet.

Suisse. — M. Ernest Favre (2) pense que le dépôt de l'alluvion ancienne, en Suisse, est intimement lié aux mouvements de progression et de recul des anciens glaciers. Cette alluvion ne s'étend, en grandes nappes, que bien peu au delà des limites du terrain glaciaire; de plus elle se rencontre à des hauteurs très-diverses et elle a dû traverser des lacs sans les combler puisque, à l'aval du lac de Genève, elle contient des cailloux provenant du Valais. L'hypothèse la plus naturelle consiste à attribuer cette alluvion aux torrents qui s'échappaient, à diverses hauteurs, des anciens glaciers. Il n'en résulterait pas pour cela qu'il y ait eu deux époques glaciaires; il y a eu plutôt des oscillations de l'extrémité des glaciers, dans l'intervalle d'une seule et même période.

Rhin et Danube. — M. Belt (3) a décrit le loess des vallées du Rhin et du Danube. L'auteur admet qu'il existe un passage graduel entre ce loess et le diluvium du nord, et, les animaux trouvés dans le loess offrant, suivant lui, un type glaciaire, cette formation doit

(1) *Comptes rendus*, LXXXIII, 1187.
(2) *Bibl. universelle de Genève*, janvier 1877.
(3) *Geol. Mag.*, 1877, 170. — *Quarterly Journal of science*, janvier 1877.

être regardée comme l'équivalent méridional du grand dépôt erratique du Boulder-clay supérieur.

M. Belt admet que la glace de la période glaciaire barrait l'Atlantique et la mer du Nord par un rempart élevé d'environ 500 mètres au-dessus du niveau actuel et qu'ainsi toute la partie septentrionale de l'Europe était convertie en un lac avec icebergs. La rupture du barrage de ce lac aurait déterminé un dépôt tumultueux de sables et de graviers; mais, la barrière s'étant reformée, il en serait résulté une nouvelle période plus tranquille, correspondant au dépôt du loess. En tout cas, ce dépôt serait postérieur au creusement des vallées actuelles.

LAUSITZ. — M. H. Credner (1) a fait remarquer le caractère essentiellement côtier du diluvium de la Lausitz. Cette ligne côtière du grand dépôt erratique du nord s'étend de Jeschken jusqu'auprès de Bischofswerda, en conservant une altitude moyenne comprise entre 400 et 407 mètres. Elle se reconnaît à la part considérable que les éléments des roches voisines ont prise à la formation du dépôt, parfois réduit à une simple arène granitique ou à un sable lignitifère, ainsi qu'à la faible dimension des cailloux.

Les relations stratigraphiques du diluvium prouvent qu'il est postérieur au creusement des vallées; ce n'est que dans le cours tout à fait supérieur des fleuves qu'il s'est produit des *érosions* postdiluviennes.

SCANIE. — M. Erdmann (2) a constaté que dans les environs de Lund, en Scanie, le sable diluvien superposé à l'argile gris bleuâtre qui recouvre l'argile à blocaux (boulder-clay), contient des coquilles des genres Mya et Cardium.

FRISCHE-HAFF. — M. Jentzsch (3) a reconnu l'existence de l'argile à Leda dans les formations diluviennes des bords du Frische-Haff. Cette argile, exploitée pour briques et contenant aussi des fragments d'ambre, passe vers le haut à une argile limoneuse avec coquilles d'eau douce (Pisidium amnicum, Unio) que recouvre un sable diluvien à Valvata et Unio.

La Leda de l'argile paraît tout à fait semblable à la forme arctique *Leda truncata* (= *L. artica* = *L. glacialis*).

---

(2) *Zeit. d. d. geol. Ges.*, 1876, 133.
(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 98.
(1) *Neues Jahrb.*, 1876, 738.

Il y a donc, sur les bords de la Baltique, superposition de plusieurs faunes diluviennes, indiquant le passage graduel d'une formation glaciaire de mer profonde à une formation littorale ou continentale de climat tempéré.

Amérique du Nord. — M. Torell (1) ne croit pas, qu'à l'époque glaciaire, il y eût continuité entre la masse de glace qui déposait le terrain erratique du nord de l'Europe et celle qui produisait les phénomènes glaciaires de l'Amérique septentrionale. La première ayant sa source en Scandinavie, traversait la Baltique et la mer du Nord, s'étendant jusqu'à la banlieue de Londres, jusqu'au Riesengebirge et au nord-est jusqu'à la baie de Tjernaye.

La seconde ne pouvait avoir son origine, comme on l'a pensé quelquefois, dans les montagnes du Canada; sa source devait être au Groënland, qui, aujourd'hui encore, est couvert de glace et dont la pente naturelle est dirigée vers le sud-ouest, c'est-à-dire précisément suivant la direction affectée par les stries glaciaires qu'on observe dans l'Amérique anglaise et la partie nord-est des États-Unis.

M. Torell admet aussi que la masse glaciaire du Groënland était séparée de celle qui s'avançait vers les Montagnes-Rocheuses par un espace libre correspondant au bassin du Mississipi.

Alluvions modernes et tourbes.

Picardie. — M. N. de Mercey (2) a décrit la composition de petites éminences qu'on observe dans la vallée de la Somme, au-dessus du fond plat tourbeux, sur lequel elles font une saillie d'environ 4 mètres, et qu'on désigne sous le nom de *croupes*. On y observe, au sommet, une vase calcaire grise avec déjections crayeuses; par-dessous, un sable calcaire coquillier, avec quelques coquilles marines; enfin, à la base, un tuf recouvrant la tourbe et contenant, avec des poteries gauloises, les Neritina fluviatilis et Pisidium amnicum. Pour M. de Mercey, le tuf s'est formé dans la Somme gauloise, alors que son niveau était à 5 mètres au-dessus de la Somme actuelle; c'est une alluvion gauloise, comme la tourbe est une alluvion celtique; les deux dépôts supérieurs seraient des alluvions modernes d'âge romain.

(1) *Americ. Journ.* [3], XIII, 78.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 337.

La diminution considérable du volume de la Somme depuis cette époque, et le retrait continu des sources dans les vallées de la région, attestent un phénomène géologique général, qu'on ne peut certainement limiter à l'influence du déboisement et de la culture.

Le Havre. — Les travaux exécutés pour l'agrandissement des bassins du Havre, ont permis à M. Quin (1) de reconnaître la composition du sous-sol alluvionnaire de cette région. On y distingue deux couches de tourbe : l'une, inférieure, reposant sur des sables et graviers de fond, et recouverte par 2 ou 3 mètres de vase ; l'autre, supérieure, formant la plus grande partie du territoire du Havre et de la plaine de l'Eure.

Saint-Nazaire. — M. Kerviler (2) a fait des observations sur la vitesse avec laquelle se déposent les alluvions modernes. En creusant des tranchées dans une ancienne baie, aujourd'hui envasée, située à l'embouchure de la Loire auprès de Saint-Nazaire, M. Kerviler a trouvé, au-dessous de 5m,50 de vase, une couche contenant des poteries romaines et une monnaie en bronze de Tetricus. 2m,50 plus bas, une autre couche a fourni des instruments de bronze et des crânes humains de l'époque néolithique. Les 5m,50 de vase supérieure à la couche romaine ayant dû mettre, au plus, 1.600 ans à se déposer, M. Kerviler en concluait, que la couche néolithique devait dater tout au plus de 500 ou 600 ans avant l'ère chrétienne. Il restait à trouver de cette conclusion une démonstration directe. M. Kerviler croit y avoir réussi en observant les effets du desséchement à l'air sur la vase de Saint Nazaire. Cette vase, très-homogène en apparence dans les premiers jours de sa mise à découvert, laisse apercevoir, au bout d'un certain temps, des feuillets très-minces, dont chacun se compose de trois parties, une partie végétale, une partie argileuse et une partie sableuse, le tout sur 3 millimètres environ d'épaisseur. M. Kerviler pense que ce sont les dépôts qui auraient été opérés par la rivière dans les diverses saisons d'une même année, en automne où la chute des feuilles fournit des éléments végétaux, dans la belle saison où les eaux calmes déposent de la vase, en hiver où les eaux grossies roulent du sable. Suivant lui, on pourrait compter les couches successives, comme on compte les an-

(1) *Le Havre avant l'histoire.* — Le Havre, 1876.
(2) *Comptes rendus*, 9 et 16 avril 1877.

neaux consécutifs du cœur d'un chêne. Or en faisant ce calcul jusqu'à la couche néolithique, M. Kerviler estime qu'elle avait dû se déposer 450 avant J.-C. Au-dessous et jusqu'au granite, il y a encore 20 mètres de vase qui auraient exigé 5.500 ans. Dans ces limites se trouverait renfermée toute la période géologique récente.

Les conclusions et même les observations de M. Kerviler ont toutefois été formellement contestées par M. de Mortillet (1) et aussi par M. Sirodot. Il n'y aurait, suivant eux, aucune valeur chronométrique à attribuer aux alluvions de Saint-Nazaire. Tout au plus peut-on reconnaître dans ces vases stratifiées les produits d'inondations successives dont les époques ne peuvent être précisées.

QUATRIÈME PARTIE.

GÉOLOGIE GÉOGRAPHIQUE.

La quatrième partie de cette *Revue* restera consacrée à l'examen des descriptions et des cartes géologiques; on y analysera les travaux qui ont plus spécialement pour but de faire connaître la constitution géologique d'un pays ou d'une région.

EUROPE.

ESPAGNE.

Caceres. — MM. Egozcue y Cia et Mallada (1) ont étudié les terrains paléozoïques de la province Cáceres, dans l'ouest de l'Espagne, près de la frontière du Portugal. Ils ont reconnu une grande analogie entre ces terrains et ceux de la Bretagne qui ont

(1) *Revue d'anthropologie*, 1878.
(2) *Memorias de la Comision del mapa geologico de Espana*, 1877.

été décrits par **Dalimier** et ils les classent de la manière suivante :

	CACERES.	PORTUGAL.
Dévonien.	Couches du *Calerizo*, calcaires de La Alizeda et de la vallée d'Ibor.	Grès argileux de San Julian et de San Salvador de Aramenba.
	Grès caverneux et schistes argileux de La Alizeda.	
Silurien.	Manque.	Couches avec Cardiola interrupta.
	. . . .	. . . .
	Grès avec *Crossopodia*. Schistes argileux et ampéliteux avec graptolites (Monograpsus).	Schistes ampéliteux avec graptolites de la Sierra de Portalegre.
	Schistes argileux avec Calymene Tristani et Didymograpsus. avec quartzites et grès sans fossiles.	Schistes argileux de Vallongo avec Calymene Tristani.
	. . . .	. . . .
	Quartzites avec Cruziana et autres fossiles végétaux, ainsi que schistes et grès alternants.	Quartzites de Tras-os-Montes avec Cruziana et fossiles végétaux ; quartzites avec Néreites de l'Alemtejo. de Beira baja, etc.
Cambrien.	Schistes argileux luisants. Phyllades tégulaires, chloritiques et micacés.	Grès et phyllades dans Alemtejo. Beira, Mino et Tras-os-Montes.

ILES BRITANNIQUES.

Ile de Man. — M. **Cumming** avait cité. dans l'île de Man, un exemple de superposition du *calcaire carbonifère* au vieux grès rouge *dévonien*. M. **Howorth** (1) a cherché à faire voir que le conglomérat ainsi attribué au vieux grès rouge était composé de cailloux calcaires, avec pâte en grande partie carbonifère, qu'il était supérieur et non inférieur au calcaire; enfin que ce dernier reposait, sans intermédiaire, sur des schistes parfois pourprés.

Angleterre. — M. **Tiddeman** (2) a rendu compte de nouvelles recherches qu'il a entreprises dans la caverne Victoria, avec le concours d'un comité formé de sir **John Lubbock**, des professeurs **Dawkins, Prestwich, T. M' K. Hughes** et de MM. **Crosskey** et **Miall**.

Dans la couche inférieure de cette caverne, on a trouvé l'hyène, l'ours brun? elephas antiquus, rhinocéros leptorhinus, l'hippopotame, bos primigenius? Dans la couche supérieure, les

(1) *Geol. Mag.*, 1877, 410.
(2) *British Association*, 1875.

animaux rencontrés sont : le blaireau, le cheval, le sanglier, le renne, la chèvre ou le mouton?

En outre l'homme, le renard, l'ours gris et le daim sont communs à ces deux couches.

FRANCE.

PAS-DE-CALAIS. — L'association française du chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre a publié la carte et le rapport relatifs à l'exploration géologique du détroit, exécutée par MM. Potier et de Lapparent (1), avec le concours de M. l'ingénieur hydrographe Larousse.

L'affleurement des couches *crétacées* est continu et sans faille d'une rive à l'autre. L'étude des deux plis situés, l'un près de la côte française, l'autre près de la côte anglaise, a montré qu'il y avait lieu de les considérer comme dus à deux plissements parallèles, dirigés à peu près du N.-N.-E. au S.-S.-O., et imprimant aux affleurements une allure en échelons, depuis le Boulonnais jusqu'aux *Wealds*.

CALVADOS. — M. Boutillier (2) a signalé une couche de remaniement, contenant des nummulites *tertiaires*, entre le diluvium et la grande oolithe des falaises de Saint-Aubin-sur-Mer (Calvados). Ces nummulites sont dans un sable argilo-quartzeux avec de nombreux fragments roulés de l'oolithe sous-jacente.

NANGIS. — Un sondage fait par M. Léon Dru (3) dans la ville de Nangis (Seine-et-Marne) a été continué jusque près de la craie et à traversé les couches *tertiaires* suivantes :

	ÉPAISSEUR.	PROFONDEUR.
Terrain de transport.	4,45	4,45
Marnes du gypse.	15,15	19,60
Travertin supérieur de Provins et Calcaire lacustre de Saint-Ouen.	33,40	53,00
Calcaire grossier.	31.70	84.70
Sables et argiles du Soissonnais.	16.80	101,50
Marnes crayeuses (épaisseur traversée). . .	6,75	108,25

CHARENTE-INFÉRIEURE. — M. Ed. Beltrémieux a fait connaître la faune fossile du département de la Charente-Inférieure, qui est

(1) *Comptes rendus*. Mai 1877.
(2) *Soc. des amis des sc. nat. de Rouen*, 1876.
(3) *Faune fossile du département de la Charente-Inférieure*, 2.

très-bien représentée dans le musée Fleuriau à La Rochelle et offre un grand nombre de types classiques. La division adoptée pour la classification est celle d'Alcide d'Orbigny et les étages distingués sont :

Crétacé.	LOCALITÉS PRINCIPALES.
Sénonien. Zone des ananchytes ovata, ostrea santonensis.	Royan et Saintes.
Turonien. Zone des hippurites organisans, acteonella lævis, ammonites Wolgari.	Taillebourg et Pons.
Cénomanien. Zone des caprina adversa, spherulites foliacea, ostrea carinata, nautilus triangularis.	Ile d'Aix et Fourois.
Jurassique.	
Portlandien. Zone de la nucula inflexa, de l'ammonites giganteus.	Saint-Jean-d'Angely et Saint-Denis-d'Oléron.
Kimméridgien. Zone de l'ostrea virgula, de l'ammonites Lallierianus.	Châtel-Aillon et Saint-Jean-d'Angely.
Corallien. Zone de polypiers nombreux, du diceras arietina, de l'ammonites rupellensis.	La Rochelle, pointe du Ché et Angoulins.
Oxfordien. Zone des trigonia clavellata et ammonites hermione.	Marans, Courçon et Esnaudes.

CORRÈZE. — Une seconde édition de la carte géologique de la Corrèze, exécutée d'abord par M. de Boucheporn, vient d'être publiée avec un atlas topographique et agricole de ce département. La carte nouvelle, gravée par M. Mea, a été complétée par un certain nombre d'observations, faites sur le terrain par M. Jacquier, ingénieur des ponts et chaussées, et par quelques employés de son service.

QUERCY. — On doit à M. Filhol et à M. Gaudry (1) la description de divers *mammifères* fossiles trouvés dans les *phosphorites* du Quercy. A l'exception de quelques dents de cheval, de bœuf et de cochon qui, selon toute apparence, ont été accidentellement introduites dans le gisement, M. Gaudry n'a rien trouvé, dans les environs de Caylus, qui fût d'une époque plus récente que le *miocène* inférieur. Les genres Lophiomeryx, Dichobune, Chalicotherium, Cadurcotherium et Paloplotherium ont leurs dents empâtées comme tous les animaux qui consomment beaucoup de graminées; cela donne à penser qu'à l'époque du miocène moyen, les prairies du sud-ouest de la France avaient déjà commencé à se former.

VICHY. — Il existe au S.-E. de Vichy, entre l'Allier et le Sichon, un lambeau de terrain *miocène* qu'il est intéressant d'étudier. Ce

(1) Gervais : *Journal de Zoologie*, IV, 1875.

lambeau fait partie du grand dépôt qui s'étend de l'Allier à la Loire et déborde même les deux fleuves; il est limité à l'est par des granites et des porphyres et au sud par des schistes anciens.

D'après M. Guillier (1) sa constitution est assez simple; on rencontre d'abord, et seulement vers le contact des roches anciennes, des poudingues à galets de quartz, exploités comme moellon, et alternant avec des lits de grès bleuâtre, à grain très-fin, contenant de nombreuses empreintes végétales qui appartiennent à des roseaux. Cet étage est bien caractérisé sur la rive gauche du Sichon, en face de la fabrique des Grivats.

En s'éloignant des bords du terrain tertiaire, on ne rencontre plus les couches ci-dessus et elles ne semblent pas non plus avoir été trouvées dans les puits qu'on a creusés à Vichy et à Cusset pour rechercher les eaux minérales; les couches les plus inférieures que l'on puisse étudier sont formées de marne et de calcaire lacustre avec silex résinite et ménilite; elles sont bien stratifiées et contiennent des lymnées et des planorbes peu déterminables; les marnes présentent en outre d'énormes quantités de Cypris faba, déposées par couches suivant lesquelles elles se délitent; on y trouve aussi de nombreux débris végétaux, surtout des tiges et des fruits.

Cet étage est bien développé le long de l'ancienne route de Vichy à Cusset ainsi que sur celle de Vichy à Abrest.

A la partie supérieure vient enfin un calcaire concrétionné, géodique, analogue à certains dépôts récents des sources incrustantes; il est tantôt en bancs assez nets alternant avec des marnes, tantôt en blocs entourés de marnes. Cet étage, le plus intéressant des environs, se présente avec des aspects divers; quelquefois, les géodes sont énormes et irrégulières; d'autres fois, diminuant de taille, elles deviennent dures, régulières, et elles ont même été confondues avec des œufs d'oiseaux; diminuant encore, elles donnent un calcaire pisolithique et elles arrivent même, dans certains points, à former un calcaire oolithique dont l'aspect est absolument le même que celui des oolithes jurassiques.

Le fossile le plus répandu est l'Helix Ramondi que M. Guillier a rencontré presque partout; mais les débris organiques les plus intéressants appartiennent à des vertébrés; on en trouve toujours quelques traces, et parfois, ils sont même très-abondants. Une seule poche marneuse, de moins de 20 litres, comprise entre des blocs de ce calcaire géodique, a offert des centaines de débris parmi

(1) Lettre à M. Delesse, octobre 1877.

lesquels M. Gervais a reconnu des ossements et des carapaces de tortue, de nombreuses mâchoires de caïnotherium, ainsi qu'un petit mammifère indéterminé et la mâchoire inférieure d'un carnivore paraissant être Lutra Valdani? D'un autre côté, d'après M. Alphonse Milne-Edwards, les os d'oiseaux appartiennent au palaelodus et à un phoenicoptère.

C'est vers le sommet du coteau, qui va de Cusset à Vernet, que l'on peut le mieux étudier ce terrain : de nombreuses carrières y sont ouvertes pour l'extraction du calcaire, qui est employé comme pierre à chaux et que l'on cuit dans les fours de Cusset et de Vichy.

Indépendamment de ces dépôts, M. Guillier signale encore deux beaux filons de *fluorine* dans les roches anciennes : le premier, formé de fluorine jaune, en grands cristaux, avec barytine, se rencontre à la Maillerie du Capitan, route de Cusset à l'Ardoisière, un peu au delà de la fabrique des Grivats; le second est une fluorine verte ou violette, se montrant dans le lit du Jolan, à une centaine de mètres en amont du pont sur lequel passe la route de Cusset à La Palisse.

MACONNAIS, CHALONNAIS.—M. Arcelin (1) a fait une étude détaillée de l'*argile à silex* dans le Mâconnais et le Châlonnais. L'auteur constate que cette argile renferme pêle-mêle des matériaux appartenant à tous les étages de la craie; elle est donc postcrétacée; d'autre part, elle a été affectée par les failles et les dislocations qui ont donné naissance à la vallée de la Saône, et qu'on doit regarder comme s'étant produites au plus tard pendant l'éocène inférieur : donc cette argile à silex est éocène. Quant à son origine, M. Arcelin la cherche dans la dissolution sur place des assises crétacées sous l'influence de sources acides qui se firent jour en même temps que des émissions d'argiles kaoliniques, de matières siliceuses et ferrugineuses.

C'est d'une manière analogue que MM. Douvillé, Potier et de Lapparent avaient expliqué l'origine des argiles à silex de Normandie. En revanche, M. J. Martin (3) voit dans les argiles de la côte châlonnaise un produit des anciens glaciers du Morvan.

BELGIQUE.

D'après M. Rutot (2), le squale fossile connu sous le nom de

(1) *Annales de l'Acad. de Mâcon*, 1877.
(2) *Bull. Soc. géol.* (3), IV, 653.
(3) *Ann. Soc. géol. de Belgique*, II, 34.

Lamna elegans possède, en Belgique, une distribution verticale remarquablement étendue; on le trouve dans le tufau de Ciply, dans le calcaire de Mons, dans le heersien de Gelinden, dans le landénien, l'yprésien, le panisélien, enfin jusque dans l'étage rupélien ou oligocène de Neérepen.

BOUSSALLE. — MM. de Lavallée Poussin et Renard (1) ont observé un galet de *roche à tourmaline* dans le poudingue de Burnot à Boussalle près d'Andennes. La tourmaline y est associée à du quartz et forme, tantôt des prismes hexagonaux, tantôt des houppes radiées. En Belgique on ne connaît pas cette roche en place; ses caractères la rapprochent d'ailleurs de la famille des granites. Les auteurs pensent donc qu'à l'époque dévonienne des roches granitiques affleuraient aux environs d'Andennes.

LIÉGE. — M. C. Dewalque a publié dans les *Annales de la Société géologique de Belgique* une coupe générale du *bassin houiller* de Liége. Dirigée du N.-O. au S.-E., cette coupe montre bien les plissements de couches produits par refoulements ainsi que les *failles* plus ou moins obliques qui ont recoupé le bassin à sa limite sud-est; l'une de ces failles ramène même l'étage quartzo-schisteux eifélien par-dessus le terrain carbonifère.

ALLEMAGNE.

TAUNUS. — On observe dans la région du Taunus, au-dessous des couches *dévoniennes*, une série assez multiple de gneiss à séricite, de schistes verts et de quartzites. Cette série est considérée comme du dévonien inférieur, qui serait à un état métamorphique; mais M. Koch (2) a fait remarquer qu'il n'existe, entre les roches à séricite et les couches dévoniennes, aucun lien pétrographique ni paléontologique; que les premières sont toujours placées au-dessous des autres et que, dès lors, il n'y a pas lieu de les confondre ensemble. La série inférieure pourrait être considérée comme représentant le terrain *cambrien*.

LIETH. — M. Hauchecorne (3) a fait connaître un sondage entrepris à Lieth qui, poussé jusqu'à la profondeur de 1.000 mètres, est resté constamment dans un grès argileux (Sandsteinletten), présentant des intercalations de sel gemme.

(1) *Bull. Acad. royale de Belgique* [2], XLIII, n° 4.
(2) *Neues Jahrb.*, 1877, 511.
(3) *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, XXVIII; 423, 775.

CAMMIN. — D'après le même savant, à Cammin, un sondage, dépassant 300 mètres, a traversé des alternances de sables gris et d'argiles avec de petites veines de charbon, puis une sorte de psammite très-micacé contenant des fossiles paraissant indiquer le *lias* moyen, comme pour le charbon de l'île Bornholm. Au-dessous de ces couches, on a rencontré, sous l'argile avec Ammonites Valdani, un sable meuble duquel a jailli une source artésienne salée.

Suivant M. Beyrich, le charbon de Cammin n'appartiendrait pas au même horizon jurassique que celui de Bornholm.

ITALIE.

LIGURIE. — M. Ch. Mayer (1) a dressé la carte géologique de la Ligurie centrale, région qui se distingue par l'énorme développement des terrains *tertiaires* supérieurs. Abstraction faite de quelques lambeaux de *gneiss* et de terrain *paléozoïque*, la base de la série est formée par le massif *serpentineux* de l'Apennin, tournant soit au gabbro, soit à la variolite et constitué par des épanchements successifs qui ont dû se renouveler pendant tout le *tertiaire*. Au-dessus, vient le flysch *ligurien*, à fucoïdes, recouvert par un *tongrien* verdâtre, peu fossilifère. Ensuite, vient l'étage *aquitanien*, dont l'épaisseur atteint 3.000 mètres dans le Haut-Montferrat. Le *Langhien* sépare l'aquitanien de l'*helvétien* ou étage de la molasse, que recouvrent le *tortonien*, le *messinien*, l'*astien* et enfin le *saharien*.

L'épaisseur réunie des couches néogènes, en Ligurie, ne serait pas inférieure à 7.000 mètres.

CASSINA RIZZARDI. — Le nombre des espèces marines *pliocènes* trouvées par M. Spreafico à Cassina Rizzardi, dans l'un des curieux gisements voisins du lac de Côme (2), était de 53; depuis, les recherches faites par M. Sordelli (3) dans cette localité et dans les gisements voisins de Ronco et de Bulgaro, ont porté ce nombre à 156, dont 150 mollusques, 1 annélide, 2 polypiers et 3 foraminifères. Le caractère de cette faune est celui d'une faune littorale, sans représentants arctiques. M. Sordelli regarde le gisement de Cassina Rizzardi comme un gîte remanié, sans aucun rapport avec les anciens glaciers. Il a constaté que beaucoup de fossiles sont remplis d'une argile marneuse étrangère.

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], V, 282.
(2) *Revue de géologie*, XIV
(3) *Neues Jahrb.*, 1877, 329.

CÉSENA. — Il existe dans l'Émilie des gisements de *soufre* et, d'après MM. Monthiers et Gaston Sciama (1), voici les caractères qu'ils présentent à Césena.

Ces gisements sont la continuation des solfatares de la Sicile, dont on peut suivre la trace générale à travers les Calabres. Ils appartiennent à l'époque *tertiaire* supérieure et sont contemporains des Apennins auxquels ils sont parallèles. C'est, en résumé, une couche de soufre déposée sur des argiles marneuses et recouverte par des argiles gypseuses.

La série générale des terrains comprend :

Pliocène.	Conglomérat très-épais	20 à 30 mètres.
	Argiles	Grande puissance.
Miocène.	Série alternée, répétée dix à onze fois, d'argile et de gypse, chaque couche ayant 1 mètre à $1^m,50$:	
	Gypse	1^m à $1^m,50$
	Soufre très-pur	$0^m,10$
	Argile bitumineuse	1 à 3 mètres.
	Minerai de soufre dont l'épaisseur varie de	$0^m,60$ à 4 mètres.
	A $0^m,80$ il devient exploitable.	
	Calcaire ou plutôt minerai de soufre stérile	$0^m,10$ à $0^m,40$
	Argile	20 à 30 mètres.
	Sables de la molasse	Grande puissance.

Tous ces terrains sont salés, sauf les sables de la molasse.

Dans toutes les argiles supérieures à la couche de soufre, on trouve des petits rognons de pyrite de fer se décomposant à l'air.

Pour expliquer la formation de ces gisements de soufre, on admet que suivant la direction générale des Apennins, il s'est produit dans l'argile marneuse, des séries parallèles de fissures, par lesquelles il s'est dégagé du sulfure de calcium : en présence de l'eau, ce dernier a donné de l'hydrogène sulfuré et formé un dépôt de soufre autour du dégagement; et comme on avait une série de fissures suivant la direction des Apennins, on a eu ainsi une couche de soufre qui leur est parallèle et d'inégale puissance. A mesure que le sulfure de calcium s'éloignait de la source, il s'est oxydé complétement et a donné des bancs de gypse ; c'est ainsi qu'entre chaque rangée de fissures, se sont formés des dépôts de soufre, de gypse et d'argile. Le soufre manque souvent, ce qui tient sans doute à ce qu'alors il a pu s'oxyder complétement.

Le minerai renferme 20 p. 100 du soufre ; il se trouve dans une gangue marneuse et bitumineuse. Sur un point il a été relevé de 35 mètres par une faille qui est parallèle aux Apennins.

(1) Extrait du *Journal de voyage* de MM. Monthiers et G. Sciama. — Bibliothèque de l'École des Mines.

Bien que l'exploitation du gisement de Césena soit toute récente, elle est entreprise, dès à présent, par trois compagnies.

NORWÉGE.

ANDÖ. — M. Oswald Heer (1) a déterminé les plantes rapportées des dépôts charbonneux de l'île d'Andö, sur la côte de Norwége, par MM. Nordenskjoeld et Hartung. Ces plantes appartiennent à l'époque *jurassique;* on y reconnaît les deux espèces de Pinus du cap Boheman au Spitzberg, la Baiera, les deux Phoenicopsis et le Pinus Nordenskjoeldi du bassin de l'Amour. Ainsi, l'île d'Andö, qui s'étend entre 68° 51′ et 69° 20′ de latitude nord, appartenait, pendant l'époque jurassique, à la grande bande arctique sibérienne.

AUTRICHE.

PRZEMYSL. — M. Niedzwiedzki (2) a découvert, dans les environs de Przemysl, des schistes marneux, fossilifères, appartenant à la craie des Carpathes et contenant des ammonites qui indiquent le *néocomien* inférieur ou couches de Teschen d'Hohenegger. Dans le voisinage de ce gisement, M. Niedzwiedzki a trouvé un affleurement qui appartient au calcaire de Stramberg.

RUSSIE.

KIEW. — On doit à M. Theophilaktoff (3) une carte géologique du gouvernement de Kiew. Les terrains distingués sont :

Diluvium. *a*, Loess, argile calcaire et sableuse, avec restes de mammouth et de rhinocéros ; *b*, sable avec cailloux erratiques.

Tertiaire. *a*, sable vert et argile sableuse ; *b*, argile à spondyles avec Spondylus Buchi, S. radula, Ostrea flabellula, Vulsella deperdita, Pecten idoneus, Pinna margaritacea ; *c*, grès à apatite avec Vulsella deperdita, Pecten idoneus, *d*, grès de Butscharsk.

Craie avec grès glauconifère, contenant Ammonites Mantelli, A. varians, etc., c'est-à-dire une faune cénomanienne.

Jurassique, grès marneux et argile sableuse, argile schisteuse et sphérosidérite, contenant : Ammonites Lamberti, A. Jason, Ostrea Marshii, en un mot des fossiles oxfordiens.

---

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 414.
(2) *Jahrb, d. K. K. geol. R.*, XXVI. — *Neues Jahrb.*, 1877, 207.
(3) Kiew, 1872. — *Neues Jahrbuch*, 1876, 877.

Les dépôts tertiaires et diluviens couvrent la majeure partie du gouvernement de Kiew et ne laissent apparaître le crétacé et le jurassique que dans un petit nombre d'endroits.

CAUCASE. — Barbot de Marny (1) a fait connaître les progrès de la géologie dans l'Empire russe, tant en Europe qu'en Asie, pendant les années 1873 et 1874. Résumant les travaux des ingénieurs des mines russes, il donne la série suivante pour les terrains du Caucase :

Tertiaire.

(Étage sarmatique du *Miocène*.)
Calcaire coquillier grossier avec Cardium obsoletum et C. protractum.
Calcaire coquillier moyen avec Vénus et Ostracodes.
Calcaire oolithique formé d'Ostracodes.
Grès avec lignites.

Crétacé.

Calcaire avec Ostrea Dsevrensis, Terebratula biplicata, Micraster cor anguinum, etc. (*Craie blanche*).
Grès vert avec Discoïdea subuculus (*Cénomanien*).
Marnes et calcaires avec Terebratula semiglobosa, Ancyloceras Matheronianus, etc. (*Néocomien* supérieur).
Calcaires avec Caprotina ammonia (*Néocomien*).

Jurassique.

Calcaires propres aux constructions et dolomies.
Marnes foncées.
Grès foncés.
Calcaire ferrugineux avec Rhynchonella lacunosa, R. triloboïdes, R. multiplicata, Posidonia ornata, etc. (Étage à Scyphites de l'*Oxfordien* supérieur).
Conglomérat ferrugineux.
Groupe des argiles bigarrées et roches bréchiformes (*Oxfordien* supérieur).
Grès avec Pterophyllum Caucasium et Pecopteris exilis (*Oxfordien* inférieur).
Schistes argileux et argiles schisteuses avec bancs intercalés de calcaires gréseux contenant Ammonites Jamesoni et A. convolutus (*Lias*).

AFRIQUE.

LIBAN, NUBIE. — Le *grès nubien*, sur la position duquel on a beaucoup discuté, le plaçant tantôt dans le *trias*, tantôt dans le

(1) *Die Fortschritte d. geolog. Beschreibung Russlands in 2. Jahren*, 1873 u. 1874.

permien, a été retrouvé par M. Fraas (1) dans le Liban, où il est régulièrement intercalé entre les couches à Ammonites syriacus et la faune de rudistes la mieux caractérisée ; il contient d'ailleurs des coquilles bivalves marines et des restes de palmiers. Il n'est donc pas douteux, pour M. Fraas, que ce grès n'appartienne à la formation *crétacée*, et qu'il n'occupe à peu près la place du grès vert d'Europe.

Il reste à savoir si le grès observé par M. Fraas est bien le même que celui de la Nubie, et c'est un point sur lequel il est permis d'émettre quelques doutes.

En effet, selon M. Pomel (2), on paraît avoir confondu, sous le nom de *grès nubien*, plusieurs formations très-différentes. Ainsi, les grès rouges de Palestine, que M. Louis Lartet a observés au-dessous de la craie cénomanienne, ne sont certainement pas les mêmes que ceux de la vallée du Nil, au-dessous desquels M. Delanoüe avait recueilli une Ostrea Verneuili. Les grès rouges du Sinaï contiennent, d'après M. Tate, un fossile *carbonifère*, Orthis Michelini, et l'on y a trouvé aussi un Lepidodendron ; or ces grès du Sinaï paraissent bien identiques avec ceux de la Nubie, car c'est à Assouan, dans la haute Égypte, qu'on a trouvé le Dadoxylon Ægyptiacum, type paléozoïque. Cette formation carbonifère semble s'être étendue en Abyssinie et jusqu'au centre du Sahara.

Mais il y a en Afrique d'autres grès rouges, ceux de la Sénégambie et de la Barbarie, qui sont *jurassiques* et probablement *coralliens*. En résumé, le nom de grès nubien a été trop facilement donné à des formations d'âges très-divers.

AFRIQUE AUSTRALE. — M. Owen (3) a signalé, dans la formation de Karoo, qui appartient probablement au *permien*, la présence d'un reptile carnivore ayant la taille d'un lion, Cynodrakon major.

ASIE.

SIBÉRIE ORIENTALE. — La Sibérie orientale et le pays arrosé par le fleuve Amour contiennent des dépôts *jurassiques* à plantes fossiles dont la flore a été étudiée par M. O. Heer (4). 56 espèces

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 87.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], IV, 524.
(3) *Geol. Society*, 1876, XXXII, 95.
(4) *Mém. Ac. imp. des sc. de Saint-Pétersbourg* [7], XXII. — *Neues Jahrb.*, 1877, 88.

proviennent d'Irkoutsk et 20 du bassin de l'Amour. Les fougères et les cycadées y dominent notablement. Les conifères sont plus rares. 13 espèces sont communes aux deux gisements, ce qui réduit à 83 le nombre des formes distinctes; ce n'en est pas moins une des plus riches flores jurassiques qui soient encore connues. Ses affinités la placent à la hauteur de l'étage *bathonien*.

INDE.

KACHH. — Il existe dans l'Inde un ensemble de couches, s'étendant depuis les collines de Rajmahal à l'est, jusqu'à Kachh à l'ouest, et qu'on avait autrefois distingué sous le nom de *série à plantes fossiles*. M. Feistmantel (1), reprenant pour cet ensemble le nom de système de Gondwana, proposé par M. Medlicott, a cherché à préciser ses équivalences avec les formations européennes.

Il a reconnu qu'on y pouvait distinguer deux groupes, l'un, supérieur, *jurassique*, et l'autre, inférieur, *triasique*.

Le groupe supérieur comprend lui-même deux étages : en haut, l'étage de Kachh et de Jabalpúr, qui contient, avec des céphalopodes du jurassique moyen, une flore composée des genres Alethopteris, Sphenopteris, Otozamites, Araucarites, Echinostrobus, Ptilophyllum, c'est-à-dire une flore oolithique, voisine de celle de Scarborough en Angleterre; en bas, l'étage de Rajmahal, contenant de nombreuses Cycadées, Pterophyllum, Cycadites, et des fougères liées aux formes liasiques et rhétiennes du continent européen. Ce dernier étage serait l'équivalent du lias.

Le groupe inférieur se divise également en deux étages : en haut, le groupe de Panchet correspondant au Keuper, et contenant, avec les reptiles Dicynodon orientalis et Gonioglyptus longirostris, une flore de Schizoneura, Tæniopteris, Pecopteris, Cyclopteris. En bas, le groupe de Damuda, avec Schizoneura, Alethopteris, Angiopteridium, Sagenopteris, Neuropteris, Noeggerathia, Glossozamites, Voltzia, Albertia, en un mot une série de plantes triasiques, auxquelles est associé un seul genre un peu moins ancien, Glossopteris. Ce groupe inférieur correspond à la base du trias.

En résumé, d'après l'auteur, le système de Gondwana représente un ensemble *triassico-jurassique* et indique une très-faible liaison entre l'Inde et l'Australie, contrairement à ce qu'on avait cru d'abord; la présence de bonnes couches de charbon dans le sys-

(1) *Geol. Mag.*, 1876, 481; 1877, 188. — *Neues Jahrbuch*, 1877, 187.

tème de Gondwana avait, en effet, engagé plusieurs géologues, et, en particulier, M. Blanford, à le considérer comme appartenant à la formation carbonifère et spécialement au type australien de cette formation.

DÉSERT INDIEN. — D'après M. Blanford (1), le grand désert indien est un ancien bras de mer intérieur qui s'étendait dans la vallée de l'Indus et le bassin de la rivière Lûni. A la surface de ce désert sont de nombreuses dépressions, remplies d'eau salée. L'une des salines voisines de la rivière Narra renferme encore, à l'état vivant, un mollusque marin habituel aux côtes indiennes, le Potamides Layardi.

OCÉANIE.

AUSTRALIE. — On a quelquefois cité les formations *tertiaires* de l'Australie comme offrant un exemple de la persistance de certains types considérés comme secondaires sur le continent. M. Tenison-Woods (2) combat cette opinion. Suivant lui, si quelques brachiopodes tertiaires de l'Australie ont des affinités mésozoïques, il n'y a, en tout cas, rien de semblable pour les échinodermes: divers types secondaires ont bien été reconnus en Australie, mais ils se réduisent à un pleurotomaire et à trois espèces de trigonies, dont une, Trigonia acuticostata, vient justement d'être rencontrée vivante dans le détroit de Bass.

AMÉRIQUE.

COLOMBIE ANGLAISE. — M. Dawson (3) a étudié, dans la Colombie anglaise, un système de couches, à caractère *porphyrique* dominant, qui présente la plus grande analogie avec la série porphyrique signalée au Chili par M. Darwin. De même qu'au Chili, les roches porphyriques de Colombie sont mésozoïques; elles contiennent des fossiles qui permettent de les placer, les unes

(1) *Asiatic Society*, 1876. — *Geol. Mag.*, 1876, 508.
(2) *History of Australian Geology*. — *Geol. Mag.*, 1877, 416.
(3) *Geol. Mag.*, 1877, 314.

à la hauteur du *gault*, les autres dans le terrain *jurassique*. M. Dawson considère ces roches, formées de porphyrites, de dolérites, de diabases, de brèches et de conglomérats, comme correspondant à des tufs volcaniques.

ÉTATS-UNIS.

L'exploration géologique des États-Unis se poursuit avec une remarquable activité, par le soin des commissions instituées dans les divers États. Il serait trop long d'énumérer les travaux ainsi accomplis. Disons seulement qu'il convient de mentionner, d'une manière particulière, les publications de la Commission d'exploration des Territoires, dirigée par M. le docteur Hayden. Les croquis, à la fois géologiques et pittoresques, qui accompagnent les descriptions, sont de véritables modèles du genre.

BOLIVIE.

L'étude des ammonites recueillies par M. Orton dans l'Amérique du Sud a permis à M. Hyatt (1) de constater la présence, dans la Bolivie du Nord et au Pérou, de dépôts *jurassiques* étendus. Plusieurs de ces ammonites offrent une similitude frappante avec les espèces européennes.

BRÉSIL.

Le terrain *carbonifère*, bien caractérisé par de nombreux fossiles marins, s'observe au Parana ainsi que dans les provinces situées au nord du Brésil. De plus, dans ces derniers temps, on a trouvé à Saint-Paul et à Sainte-Catherine, des couches d'un combustible, qui a été analysé par M. Guignet et rapporté à la houille. Jusqu'à présent, toutefois, les fossiles associés n'étaient pas très-concluants; car ils se réduisaient à des empreintes d'algues, à des débris de poissons et à un reptile ; mais, dans un voyage récent fait à Saint-Paul, M. Gorceix a observé des sigillaria et des fougères, en sorte qu'il est certain que ce combustible appartient bien réellement au terrain houiller.

---

(1) *Neues Jahrb.*, 1876, 967.
(2) Extrait d'une lettre à M. Delesse. 17 sept. 1877.

GÉOLOGIE AGRONOMIQUE.

Les *Annales agronomiques* publiées par M. Dehérain contiennent diverses recherches qui sont relatives à la géologie agronomique.

Une nouvelle édition anglaise des *Éléments de chimie agricole et de géologie* du professeur Johnston, vient d'être publiée par M. C. A. Cameron. Cette édition, qui est la 10ᵉ, tient compte des progrès de la science jusqu'à la fin de l'année 1876.

Étude du sol au point de vue de l'agriculture.

M. le Dʳ A. Orth (1) a présenté des observations sur la marche qu'il convient de suivre dans l'étude scientifique du sol ; comme lui, nous pensons qu'une importance trop grande a souvent été attribuée à l'analyse chimique de la terre végétale. Il faut bien reconnaître, cependant, qu'elle permet de savoir quelles sont, parmi les substances utiles au développement des plantes, celles qui se trouvent en trop petite quantité, ou qui font même entièrement défaut ; par suite elle apprend quelles sont les substances à introduire par les engrais ou par les amendements.

M. Orth observe qu'il est bien préférable de s'occuper de l'étude géologique du sol, d'en dresser une série de profils et de déterminer la constitution physique et minéralogique des différentes couches qu'il est possible d'y distinguer.

Il faut remarquer, en effet, qu'à une même formation géologique correspondent fréquemment des sols doués de propriétés agricoles extrêmement différentes. Les cartes géologiques indiquent bien les couches qui sont synchroniques, mais elles ne donnent généralement pas des renseignements suffisants sur leur composition minéralogiques et pour la faire connaître il est nécessaire de recourir à des profils spéciaux.

Ainsi, par exemple, une marne diluvienne, avec gros blocs erratiques, s'étend sur de vastes surfaces dans l'Allemagne du Nord, depuis les provinces de Saxe et du Schleswig-Holstein jusqu'à celles de Silésie, de Posen et de Prusse ; mais elle porte des terres ayant des aptitudes agricoles très-différentes. Quand ces terres sont formées par un dépôt sableux, riche en humus, on y cultive

(1) *Die naturwissenschaft, lichen Grundlagen der Bodenkunde.*

de l'orge ; quand l'argile diminue ainsi que l'humus, et que le sable augmente, elles ne donnent plus que de l'avoine et du seigle ; enfin quand le sable domine, on y plante des pins et elles sont propres uniquement à la culture forestière.

Toutes les personnes qui se sont occupées de l'étude de la terre végétale, ont reconnu qu'elle subit sans cesse des modifications, non-seulement par la culture, mais encore par l'atmosphère, par les pluies et par les infiltrations souterraines. M. Orth attribue aux effets produits par ces infiltrations une part très-large. Ainsi, dans le sol du Nord de l'Allemagne, constitué par la marne diluvienne, il admet que le calcaire s'est réuni en veines ou en grains et que souvent même il a été complétement dissous sur une épaisseur de 1 mètre.

D'un autre côté, l'oxyde de fer et l'oxyde de manganèse se concentrent à une certaine profondeur et donnent une couche ayant une couleur brun rougeâtre ou tachetée de brun noirâtre, quand il y a de l'oxyde de manganèse.

En outre, l'argile elle-même est entraînée par les pluies, en sorte qu'elle tend naturellement à augmenter dans le sous-sol : nous pensons toutefois, en ce qui concerne l'argile, que son transport n'a lieu qu'à une très-petite profondeur au-dessous de la surface, surtout lorsque le sous-sol est lui-même plus ou moins argileux. Mais on conçoit que l'oxyde de fer et la chaux, qui se laissent dissoudre facilement par les acides contenus dans la terre végétale, puissent au contraire descendre à une profondeur plus grande dans le sous-sol. Le déplacement de ces substances dissoutes est analogue à celui qui donne lieu à la production de l'*alios* (1).

Formation et épaisseur de la terre végétale.

M. James Melvin (2) a spécialement porté son attention sur la terre végétale dans les divers voyages qu'il a faits, particulièrement en Australie et en Nouvelle-Zélande. La terre végétale présente une couleur habituellement plus foncée que celle du sous-sol, à moins que ce dernier ne soit très-ferrugineux ou bien charbonneux. Elle est aussi plus friable et plus poreuse que ce sous-sol, parce qu'elle est pénétrée, dans toutes les directions, par les racines des plantes qu'elle porte et par les galeries souterraines que creusent les vers et les insectes ; par suite elle est très-perméable à l'humidité et à la pluie. En réalité, la terre vé-

(1) *Revue de géologie*, XI, 48 ; XIII, 50.
(2) *Transactions of the Edinburgh geol. Soc.*, III, 124.

gétale résulte de l'accumulation des débris laissés par les végétaux et par les animaux ; les générations successives de différents végétaux ont contribué à la former et elle continue à s'accroître lentement.

D'un autre côté, la terre végétale préserve bien de la destruction les roches qu'elle recouvre ; c'est seulement sur les flancs escarpés des collines qui encaissent les cours d'eau et dans le lit de ces cours d'eau que s'opère un travail de destruction.

Comme l'observe avec raison M. Melvin, il ne suffit pas que les roches soient désagrégées pour qu'il se produise, par cela même, de la terre végétale. A Aden, par exemple, il n'y en a pas trace, parce que les débris des roches volcaniques résultant de l'action de l'atmosphère ne contiennent pas l'eau qui est absolument nécessaire au développement des végétaux.

Dans le Colorado, à l'ouest des Montagnes-Rocheuses, malgré un immense travail de destruction, la région ressemble à un désert dans les parties où elle est aride. Enfin dans les déserts les mieux caractérisés, comme ceux de la Libye et du Sahara, les roches constituant le sous-sol sont recouvertes de sables et de poussières qui proviennent de leur destruction. Il est donc bien visible que la destruction des roches constituant le sous-sol est indépendante de la terre végétale et ne détermine pas nécessairement sa formation.

En outre, il convient d'observer que la terre végétale n'appartient pas seulement à l'époque actuelle ; c'est bien visible pour le *Tschernosème* ou terre noire de la Russie qui n'existe pas dans les vallées. Dans la colonie Queensland, en Australie, M. Melvin signale de même un large plateau qui est élevé de 400 à 600 mèt. au-dessus de la mer et recouvert par une terre végétale profonde ; or, cette terre ne saurait provenir d'alluvions déposées par un fleuve et il nous paraît qu'elle est, comme le *Tschernosème*, antérieure à l'époque actuelle.

L'épaisseur de la terre végétale est toujours très-importante à considérer. En France, on peut estimer qu'en dehors des alluvions des cours d'eau, elle varie de 0m,10 à 0m,35.

En Angleterre, elle est au moins égale, tandis qu'en Allemagne, Thaer admet qu'elle est plutôt moindre.

En Amérique, dans les États de la Nouvelle-Angleterre, M. Russell indique seulement 0m,16 pour l'épaisseur de la terre végétale ; mais, dans les États de l'ouest et du sud, elle augmente et devient la même qu'en Écosse.

En Australie, sur le plateau du Queensland, l'épaisseur de la

terre végétale peut atteindre $1^m,3$ dans certaines dépressions, tandis qu'elle est beaucoup moindre dans les parties basses des colonies de Victoria et de la Nouvelle-Galles du Sud. En effet, de Melbourne à Saint-Arnaud, dans les grandes plaines à l'ouest de Victoria, ainsi que dans les environs de Sidney, elle mesure de $0^m,11$ à $0^m,33$.

Dans la Nouvelle-Zélande, sur une grande étendue des îles du Milieu et du Nord, on trouve une terre végétale très-fine, sans gravier ni cailloux, dont l'épaisseur varie de $0^m,11$ à $0^m,25$: à Otago, certains échantillons contiennent d'ailleurs jusqu'à 25 et 30 p. 100 de matières organiques.

M. Melvin remarque encore que la terre végétale présente à peu près la même épaisseur dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud et qu'elle a de plus la même puissance de production. Ainsi, les sols de la Grande-Bretagne donnent en moyenne la même récolte de blé que ceux de la Nouvelle-Zélande. Les sols de la France et de l'Allemagne rendent une récolte qui n'est guère que moitié moindre et c'est également ce qui a lieu pour ceux de Victoria et de l'Australie du Sud. Le produit des vins en Espagne et en Portugal, est également à peu près le même qu'en Australie. On conçoit du reste que le retour des mêmes climats ramène, dans les deux hémisphères, les mêmes conditions de formation de la terre végétale et par suite aussi les mêmes récoltes.

Si l'on observe que la terre végétale est la couche nourricière et joue dans tous les pays un rôle extrêmement important, on ne peut que s'étonner de voir son étude aussi négligée qu'elle l'a été jusqu'à présent. Il serait utile de combler cette lacune de la science, par des travaux analogues à ceux de M. Melvin, au moment où toutes les couches géologiques sont minutieusement étudiées dans les principales régions du globe, et où l'on n'hésite même pas à entreprendre des sondages très-dispendieux pour arriver à connaître le fond des Océans.

Influence du sol sur les produits agricoles.

SARTHE. — La carte géologique du département de la Sarthe, exécutée par MM. Triger et Guillier, montre bien quelle est l'influence du sol sur les produits agricoles (1). Une légende spéciale indique, en effet, les différentes cultures propres à chaque terrain et, d'après des renseignements qui nous ont été transmis par

(1) Carte géologique du département de la Sarthe, d'après J. Triger, revue et complétée par A. Guillier. Échelle du 125.000^{me}.

M. Guillier, voici les principales remarques qu'on peut faire à cet égard.

Les *terrains cristallisés* sont représentés par des roches granitiques, porphyriques et amphiboliques, dont la surface n'est guère que $\frac{1}{2}$ p. 100 du département. Ils offrent généralement des rochers sauvages sur lesquels il ne vient qu'une maigre végétation.

Les *terrains de transition* appartiennent au silurien, au dévonien, au carbonifère et donnent un pays de Bocage; c'est particulièrement sur ces terrains que se trouvent les forêts de la Charnie, de Sillé et de Perseigne.

La fertilité du sol varie d'ailleurs beaucoup avec la nature minéralogique de ces terrains. Lorsque ce sol est formé de grès et de quartzites, il ne porte ordinairement que des landes ou des forêts. Lorsqu'il est formé aux dépens des schistes, il se montre bien meilleur, surtout quand les schistes se décomposent sur une grande épaisseur et passent à l'état argileux. Il devient même très-bon, lorsqu'on peut en outre l'améliorer économiquement par des engrais et surtout par de la chaux.

Le *lias* occupe une surface peu étendue dans l'ouest du département; ses terres sont argilo calcaires, fertiles comme partout et consacrées à la culture des céréales.

Le *jurassique inférieur* (bajocien et bathonien) comprend la partie du département désignée sous le nom de *Champagne*. Elle présente des plaines, ayant un sous-sol de calcaires *oolithiques*, dans lesquelles les arbres ont été enlevés, comme dans la Beauce, de manière à faciliter la culture des céréales qui y donnent des récoltes de blé de première qualité.

Le *jurassique moyen* (callovien, oxfordien) comprend des terres argilo-calcaires, faciles à travailler, demi-perméables, qui sont réputées les meilleures du département; elles portent d'abondantes récoltes de céréales, de chanvre et de plantes sarclées.

Le terrain *crétacé* est représenté dans la Sarthe par les étages cénomanien, turonien et sénonien; mais ce dernier se montre seulement d'une manière accidentelle près de la vallée du Loir.

Le *cénomanien* s'étend au contraire sur le tiers du département et, comme sa composition minéralogique est très-variable, ses aptitudes agricoles le sont également. La partie inférieure du cénomanien se compose généralement de craie glauconnieuse, donnant un sol argileux, peu perméable, qui convient très-bien aux prairies, aux plantes fourragères et aux plantes sarclées.

Les parties moyenne et supérieure du cénomanien sont quelquefois marneuses et produisent alors beaucoup de céréales.

Le plus ordinairement, elles sont formées de sables, plus ou moins graveleux, qui donnent des terres médiocres.

Sur des surfaces considérables, le cénomanien présente un sol formé de sable graveleux maigre, ferrugineux, dépourvu de calcaire; ce sol restait autrefois à l'état de landes; mais on a eu l'idée d'y planter le pin maritime qui l'a amélioré en augmentant la terre végétale.

L'*étage turonien* ou de la craie tufeau porte une terre calcaire. Lorsqu'il est bien exposé, il convient parfaitement à la vigne qu'on y cultive avantageusement dans la vallée du Loir.

Parmi les terrains *tertiaires*, la carte géologique de la Sarthe distingue plusieurs étages dont les propriétés agricoles sont peu différentes.

L'*argile avec silex de l'oolithe* donne des terres argileuses, mélangées de nombreux débris de silex. Elles sont quelquefois laissées en landes; c'est notamment ce qui a lieu à Vion : mais lorsqu'on y ajoute de la chaux, elles produisent de bonnes récoltes de céréales et de plantes fourragères.

Le *sable et l'argile avec silex de la craie* occupent presque un cinquième du département et couvrent de grandes étendues dans l'est et dans le sud. Sur cet étage se trouvent les forêts de Bonnétable, de Montmirail, de Vibraye, de Jupilles. Si les silex sont peu abondants, si l'argile a été amendée par la chaux ou par la marne, on a des terres de bonne qualité.

D'un autre côté, si les silex sont trop nombreux, si la main-d'œuvre n'est pas suffisante pour l'amélioration du sol, comme dans une partie de l'arrondissement de Saint-Calais, on a des terres maigres qui donnent encore du blé de bonne qualité, mais dont le rendement est faible.

Enfin viennent les terrains de *transport* proprement dits, ou des vallées, qui sont divisés sur la carte géologique de la Sarthe en alluvions anciennes et en alluvions modernes.

Les *alluvions anciennes* occupent des surfaces assez étendues dans le département de la Sarthe.

Autrefois dans les parties très-sableuses ou très-graveleuses, comme dans la vallée de l'Huisne et dans celle de la Sarthe, au-dessous du Mans, elles étaient abandonnées à elles-mêmes et donnaient des landes de bruyères et d'ajoncs; mais depuis que la culture du pin maritime a été introduite dans ces landes, elles ont pris une assez grande valeur.

Dans les parties où les alluvions anciennes sont moins maigres, un peu mélangées d'argile et vraisemblablement aussi de calcaire,

comme dans la vallée du Loir et dans celle de la Sarthe, au-dessus du Mans, on trouve des prairies d'assez bonne qualité, des céréales et des cultures variées.

Les *alluvions modernes* de la Sarthe sont généralement formées par un limon calcaire, qui peut être plus ou moins sableux. Elles donnent des terres riches, qui occupent le fond des vallées et sont toujours suffisamment imbibées d'eau, en sorte qu'elles sont presque toujours consacrées aux prairies.

PENNSYLVANIE. — M. Stevenson (1) a également recherché quelle est l'influence exercée par le sol sur les produits agricoles dans l'ouest de la Pennsylvanie, notamment dans les districts Greene et Washington. L'élève du bétail et des moutons est particulièrement avantageux sur les couches des terrains carbonifères dont les débris forment habituellement le sol. On a constaté toutefois que la laine est beaucoup plus fine, lorsque ces couches sont calcaires; c'est ce qui a lieu non-seulement en Pennsylvanie, mais encore dans les États voisins, et il est probable qu'on doit en partie l'attribuer à ce qu'un sol calcaire devient, par cela même, moins humide.

Diorite employée pour l'amélioration des terres.

Les amphibolites et les diorites de la Bretagne sont, comme on sait, avantageusement employées à l'amélioration des terres; on choisit naturellement, pour cette opération, celles qui sont décomposées et amenées par la kaolinisation à l'état d'arène. Elles introduisent alors les diverses substances qu'elles contiennent, particulièrement la chaux et la magnésie, qui font plus ou moins défaut dans les terres sur lesquelles on les répand.

Sur les terres granitiques de l'arrondissement de Domfront (Orne), on utilise également une arène dioritique qui facilite la culture du sarrasin et rend même possible celle du blé. Une analyse en a été faite par M. Durand-Claye :

Résidu insoluble.	Fe^2O^3 Al^2O^3	CaO	MgO	PO^5	Potasse soluble.	HO et produits non dosés	Somme.
56,57	22,45	1,78	1,78	0,32	0,15	16,95	100,00

On voit que cette arène dioritique introduit, dans la terre granitique à laquelle on la mélange, de la chaux, de la magnésie et aussi une proportion notable d'acide phosphorique.

(1) Peter Lesley : *Second geol. Survey of Pennsylvania*, K, 1875.

— Au Brésil, dans la province de Saint-Paul, M. Gorceix a fait aussi quelques observations sur les propriétés agricoles des diorites. Quand elles se décomposent, elles produisent dans ce pays une terre rouge, très-fertile et très-recherchée pour les plantations de café. De même que le basalte, elles doivent d'ailleurs donner une terre pourvue de chaux, de magnésie, d'alcalis, d'oxyde de fer, probablement d'acide phosphorique, et qui présente en outre les avantages des terres argileuses.

Comparaison du sol et du sous-sol.

Il est utile de comparer, sur un même point, la composition du sol avec celle du sous-sol et, à ce titre, nous donnons plusieurs analyses de M. L. Durand-Claye qui sont relatives à des terrains géologiques de nature assez variée.

A Sol de l'arrondissement de Domfront (Orne), provenant d'un granite décomposé et donnant une couche arable, très-profonde, mais peu productive.
A' Sous-sol correspondant, pris à $0^m,30$.
B Terre de pré et B' sous-sol, de l'arrondissement de Domfront.
C Terre de labour et C' sous-sol pris à $0^m,24$, également de l'arrondissement de Domfront.
D et D' Sol et sous-sol argilo-sableux d'un pré de Val-de-Brix à 12 kilomètres N.-E. de Valognes (Manche).
E et E' Sol et sous-sol d'un autre pré de la même localité.
F et F' Sol et sous-sol d'une terre arable de la commune d'Oiselay (Haute-Saône).

	A	A'	B	B'	C	C'	D	D'	E	E'	F	F'
uits volatils nbustibles. . .	24,30	19,45	24,60	10,40	12,94	8,20	33,16	27,56	24,50	43,20	20,32	14,84
. . . .	17,50	13,75	12,30	3,50	4,55	2,00	23,50	18,45	18,40	34,50	14,05	10,10
. . . .	0,16	0.10	0,34	0,08	0,28	0,14	0,32	0,25	0,09	0.31	0,10	0,08
produits. . .	6,64	5,60	11,96	6,82	8,11	6,06	9,34	8,86	6,01	8,39	6,17	4,66
res.	75,70	80,55	75,40	89,60	87,06	91,80	66,84	72,44	75,50	56,80	79,68	85,16
insoluble. .	63,93	68,91	70,20	80,98	79,28	76,00	60,49	50,46	65,31	52,26	69,14	74,22
xyde de fer mine.	10,81	9,73	3,70	7,51	6,30	14,13	5,43	20,37	8,98	3,71	5,28	5,71
. . . .	0,30	0,20	0,64	0,62	0,26	0,27	0,47	0,51	0,45	0,11	3,87	2,85
ie.	0,38	0,56	0,20	0,11	0.57	0,68	0,12	0,55	0,21	0.20	0.56	0,68
hosphorique.	0,09	0.52	0,03	0,04	0.30	0,24	0,12	0,06	0,12	0,09	0,25	0.16
soluble. . .	0,14	0.24	0,22	0,34	0,35	0,48	0.16	0,10	0,08	0.06	0,18	0,15
s non dosés.	0,05	0,39	0,41	»	»	»	0,05	0,39	0,35	0,37	0,40	1,39
omme. . . .	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100 00	100,00	100,00	100,00	100,00

Dans tous ces sols, qui sont plus ou moins argilo-sableux, on trouve plus d'azote que dans les sous-sols correspondants. La différence entre les quantités de chaux, de magnésie, de potasse, sont faibles et varient tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Quant à

l'acide phosphorique, il est habituellement en plus grande proportion dans le sol que dans le sous-sol; cependant, dans l'arrondissement de Domfront, il y en aurait au contraire une proportion plus forte dans le sous-sol granitique.

Différences dans la composition et dans la fertilité des dépôts d'une même rivière.

GAVE DE PAU. — Diverses alluvions, formées par le gave de Pau, ont été analysées par M. L. Durand-Claye au laboratoire de l'École des ponts et chaussées.

I Limon ayant $0^m,20$ d'épaisseur, recueilli dans une pièce d'eau de Coarraze qui, pendant plusieurs années, a reçu les eaux dormantes du Gave et dans laquelle il y avait une abondante végétation aquatique.

II Limon, constituant une bonne terre végétale, laissé par le Gave sur une prairie de Coarraze, à la suite de la crue du 3 juin 1875. Il a $0^m,10$ d'épaisseur et s'est déposé en un point où existaient de grands remous, dans une profondeur d'eau de 2 mètres.

III Sable grossier, déposé pendant la même crue du Gave, dans une eau profonde, ayant une grande vitesse, qui recouvrait alors un terrain garni de buissons; ce sable, de $0^m,50$ d'épaisseur, ne contient presque pas de matières organiques et n'est aucunement propre à la culture.

	I		II		III	
1° *Produits volatils*		8,28		8,83		[illegible]
Eau	0,90		0,40		0,15	
Azote	0 18		0.10		0,03	
Autres produits	7,20		8,33		1,35	
2° *Cendres*		91,72		91.17		[illegible],47
Résidu insoluble	62,74		66,88		79,66	
Peroxyde de fer et alumine	12,85		11,68		8.47	
Chaux	8.21		6,83		[illegible]	
Magnésie	1.79		1.69		[illegible]	
Acide phosphorique	0,08		0.06		[illegible]	
Potasse soluble	0,44		0,41		[illegible]	
Produits non dosés	5,91		4,92		6,79	
Somme		100,00		100,00		[illegible]

On voit par ces analyses que le limon du Gave de Pau contient beaucoup plus d'azote et de matières organiques que le sable charrié par cette rivière. Il contient aussi plus de chaux, de magnésie et de potasse soluble; mais il est plus pauvre en acide phosphorique. Le limon se laisse d'ailleurs attaquer plus fortement par l'acide, que le sable; et cette propriété, jointe aux différences qui viennent d'être signalées dans la composition chimique de ces dépôts du Gave, peut servir à expliquer la grande différence de leurs propriétés agricoles.

Répartition de l'acide phosphorique et de la potasse dans les éléments d'une même terre.

RÜDERSDORF.—M. le professeur Albert Orth (1) a fait une série de recherches ayant pour but de déterminer la répartition de l'acide phosphorique et de la potasse dans les différentes parties d'une même terre. La marne diluvienne avec blocs erratiques des environs de Rüdersdorf, qui renferme 0,113 p. 100 d'acide phosphorique, en contient seulement 0,08 dans son sable; mais elle en a 0,20 dans la poudre et même 0,21 dans ses parcelles les plus ténues. On voit donc que l'acide phosphorique de cette marne est en faible proportion dans le sable, tandis qu'il s'est concentré dans ses parties les plus fines, qui sont d'ailleurs les plus riches en fer et en alumine.

La potasse a de plus été dosée dans les différentes parties de cette marne de Rüdersdorf et en les attaquant par l'acide sulfurique, on a obtenu :

Pour la poudre ayant moins de $0^{mm},05$ de diamètre.	0,58
Pour le schlamm tombant avec une vitesse de $0^{mm},1$.	0,32
Pour le schlamm tombant avec une vitesse de $0^{mm},02$.	0,26

La proportion de potasse, qui est exprimée en centièmes, diminue par conséquent avec la ténuité du grain.

En dosant de même la potasse dans le sable argileux (*Lehmiger Sand*) de Rüdersdorf, M. Orth a trouvé :

Pour le schlamm tombant avec une vitesse de $0^{mm},1$.	0,12
Pour le schlamm tombant avec une vitesse de $0^{mm},02$.	0,08

Il est donc visible que, dans la marne avec blocs erratiques de Rüdersdorf, la potasse attaquable varie en sens inverse de l'acide phosphorique, c'est-à-dire qu'elle diminue avec la ténuité du grain.

Quant à la potasse inattaquable par l'acide sulfurique, des analyses spéciales, faites sous la direction de M. Orth, ont montré qu'elle diminue également avec la ténuité; ce résultat pouvait du reste être prévu d'après les expériences de M. Daubrée sur la trituration des feldspaths dans l'eau.

---

(1) *Abhandlungen zur geol. Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten.* Band II, heft 2, 1877.

CINQUIÈME PARTIE.

GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

ATMOSPHÈRE.

Poussières atmosphériques.

M. Gaston Tissandier (1) vient de publier les nombreuses recherches, chimiques et microscopiques, qu'il a faites sur les poussières atmosphériques.

Ces poussières ont été extraites directement de l'air, ou bien séparées des eaux météoriques, pluie, neige et grêle, ce dernier procédé étant le plus simple et le plus efficace. Elles contiennent de 24 à 34 p. 100 de matières organiques et de 75 à 66 de matières minérales, parmi lesquelles la chaux et la silice se rencontrent toujours.

Une des substances les plus constantes, rencontrées par M. *Tissandier*, est le fer. Or, si dans les villes, près des usines métallurgiques, on peut lui attribuer une origine terrestre, il n'en est plus de même pour les globules magnétiques que l'on rencontre au sommet des Alpes, par exemple, ou dans les régions polaires.

En comparant ces globules avec les poussières obtenues en grattant des météorites et avec ceux provenant de la combustion du fer, M. Tissandier a trouvé beaucoup de formes identiques; de plus, l'existence du nickel, prouvée par l'analyse, ne peut guère laisser de doute sur l'origine cosmique, d'une grande partie des corpuscules magnétiques de l'atmosphère.

Le fer de l'atmosphère aurait donc une origine soit terrestre, soit cosmique. Dans ce dernier cas, il proviendrait des météorites et des étoiles filantes, dont la traînée lumineuse serait due à la combustion de ses particules en nombre immense.

Enfin M. Tissandier s'est également occupé des pluies terreuses, que l'on voit souvent désignées dans les auteurs anciens sous les noms de *pluies de sang*, *de lait*, etc. Ces pluies terreuses

(1) *Les Poussières de l'air*. Paris, 1877. (Extrait par M. Poirier.)

provienneut simplement de poussières fines qui ont été soulevées par les vents à la surface des déserts ou bien de cendres qui ont été rejetées par les volcans et entraînées au loin par les courants supérieurs de l'atmosphère.

Influence de l'atmosphère, de l'eau et de la glace sur le relief du sol.

MONT BLANC. — M. Viollet-Leduc (1) a publié une étude topographique du massif du mont Blanc. L'auteur est parti de cette idée que, depuis le moment où ce massif a été recouvert par les neiges éternelles, la hauteur du sommet n'a pas dû varier; ce qui a changé, c'est le volume même du massif, par suite du creusement des vallées qui le découpent, creusement qui a transformé un plateau primitivement ondulé en une série d'arêtes déchiquetées, tandis que les glaciers et les torrents emportaient dans les fonds inférieurs, sous forme de matériaux erratiques, tous les produits de ces érosions.

La carte au 40.000ᵉ dressée par l'auteur est à la fois topographique et pittoresque; elle représente, avec la forme des escarpements, les glaciers, les névés, les forêts et les pâturages.

LONG ISLAND. — D'après M. Lewis (2), la formation des principales vallées de Long Island date de la fin de la période glaciaire, bien qu'il y ait eu plus tard un certain approfondissement dû à l'eau des pluies, soit par ruissellement, soit par des sources provenant de l'infiltration.

Les grandes vallées des Fjords sont contemporaines de la période de progression des glaciers. Les vallées des plaines résultent de l'érosion produite par les pluies, qui s'est exercée dans des vallées déjà anciennement dessinées. Enfin les faits observés démontrent que les précipitations aqueuses étaient, dans cette région, plus abondantes autrefois qu'aujourd'hui.

M. Lewis (3) signale la fréquence, dans Long Island, des vallées se dirigeant du nord au sud entre deux flancs dissymétriques, celui de l'ouest étant très-abrupte, tandis que celui de l'est se montre doucement incliné. Il attribue d'ailleurs ce résultat à la rotation de la terre.

---

(1) *Le massif du mont Blanc*. Paris, Ehrard, 1876.
(2) *Americ. Journal* [3], XIII, 142.
(3) *Ibid.*, XIII, 215.

GLACE.

Glacières naturelles.

SUISSE, FRANCE. — M. de Tribolet (1), à la suite de M. G. F. Browne (2), a étudié les glacières naturelles du Jura : ces glacières, au nombre de huit, dont deux en France, ont plus d'une fois occupé les physiciens. La congélation de l'eau y serait due à la facile arrivée, pendant l'hiver, de l'air refroidi, que sa plus grande densité empêche, en partie, de remonter à la surface dans la saison chaude.

DOBSINA.— Dans la pittoresque vallée de la Straczena, à 10 kilomètres N.-O. de Dobsina (Dobschaie), Comitat de Gomor en Hongrie, il existe une grotte qui forme une glacière naturelle. Comme la célèbre grotte d'Adelsberg, elle se trouve dans le muschelkalk et près de son contact avec les schistes de Werfen. Son entrée est à 836 mètres au-dessus du niveau de la mer et sa longueur atteint environ 1 kilomètre. La voûte de cette grotte est traversée par d'abondantes infiltrations d'eau, soumises à une évaporation rapide, d'où il résulte que la température intérieure est, en général, très-basse. D'après M. A. Badoureau, elle était de — 3°5, le 6 septembre 1876, à 7 heures du soir. Le fond de la grotte est occupé par un lac qui reste gelé 11 mois par an. L'eau qui suinte de la voûte cristallise en prismes hexagonaux aplatis, mais jamais en étoiles hexagonales comme la neige; de même que la chaux carbonatée, elle forme des stalactites et des stalagmites de glace qui se réunissent quelquefois et produisent alors des colonnes tantôt pleines, tantôt creuses, atteignant 20 mètres de hauteur et 1m,50 de diamètre. Ailleurs, la glace présente l'aspect de véritables cascades; il y a notamment un point où il semble qu'une chute d'eau, large de 25 mètres et haute de 10 mètres, se soit subitement solidifiée (3).

Glace de fond des rivières.

M. James Geikie (4) a appelé l'attention sur des observations faites il y a quelques années au Canada par M. Landor, relativement à la glace qui se forme au fond des rivières. Cette glace se produit autour des pierres qui garnissent le fond, quand la température de l'air s'abaisse au-dessous de — 12° C; aussitôt

(1) *Bull. Soc. sc. nat. de Neufchâtel*, 1877.
(2) *Ice-caves of France and Switzerland*
(3) A. Badoureau, E. ingénieur des mines. Notes de voyage, 1876.
(4) *Geol. Mag.*, 1876, 459.

que le soleil paraît, la glace, qui est poreuse, se détache du fond et flotte avec les pierres qu'elle a emportées. Mais ces effets n'ont lieu que quand la surface de la rivière n'est pas couverte de glace. En tout cas, la température de l'eau ne s'abaisse pas jusqu'à zéro.

M. Landor cite le fait suivant : Un tuyau de pompe dépendant des machines élévatoires de Détroit, garni à sa base d'un treillis métallique, plongeait, à 30 mètres de distance du rivage, jusqu'à 7 mètres de profondeur dans l'eau claire. Dans l'hiver de 1868, sans que l'eau ambiante cessât d'être liquide, la glace se forma autour du treillis de manière à empêcher le jeu des pompes.

Ainsi, bien que le fait matériel de la formation de la glace de fond soit incontestable, l'explication physique en demeure encore assez délicate. Ce phénomène a d'ailleurs une certaine importance géologique, car il donne lieu à un transport de matériaux sur le lit des rivières et jusque dans les lacs.

Action des glaciers.

M. Viollet-Leduc (1) a fait une étude spéciale de l'action exercée par les glaciers sur les roches encaissantes. Suivant lui, la glace n'a pas une puissance d'érosion considérable; elle rabote les obstacles, elle abaisse ou rompt certaines digues par une désagrégation successive; quant au creusement de lacs, on ne peut attribuer à son action que les petits lacs des hautes montagnes, qui sont toujours situés sur des cols ou dans le voisinage immédiat des sommets, et ont pour bassin des parties plus tendres que la roche avoisinante. Le diamètre de ces lacs, souvent compris entre des roches moutonnées, est toujours plus long suivant la direction des strates.

M. Ch. Grad (2) pense même que loin d'avoir creusé les vallées, les glaciers les ont protégées contre les érosions atmosphériques. Leur action se borne à user et à polir les aspérités du sol, et l'on ne saurait leur attribuer le creusement des lacs ou des fiords.

Ces études nouvelles tendent donc à ramener à de justes limites les effets d'érosion attribués aux glaciers, particulièrement en ce qui concerne le creusement des lacs (3).

Variations inverses des glaciers dans une même région.

GROENLAND. — Le Dr Rink a dressé une carte qui représente

(1) *Le Massif du mont Blanc*, 1876.
(2) *Alpenpost*, 1876, III, 256.
(3) *Revue de géologie*, IV, 122; V, 142; VI 146.

l'état des glaciers du Groënland en 1850, et de plus il a mesuré leurs distances à la mer.

En 1875, M. Amund Helland (1) a mesuré de nouveau ces distances : il a constaté ainsi que le glacier Assakak avait diminué de 249 mètres dans sa longueur, soit une moyenne de 10 à 11 mètres par année; d'un autre côté, le glacier Sorkak, situé au sud-ouest du précédent, avait au contraire augmenté de plusieurs centaines de mètres et déversait directement sa moraine jusque dans la mer. Si l'un des glaciers a diminué, l'autre a donc augmenté; par conséquent, dans une même région et pendant le même temps, les variations des glaciers peuvent être absolument en sens inverse.

Glaces flottantes.

M. John Milne (2) a cherché à détruire le préjugé, qui attribue aux montagnes de glaces flottantes (*ice-bergs*) une profondeur submergée bien plus grande que leur hauteur au-dessus de l'eau. Il n'est pas rare, en effet, de rencontrer cette assertion, que le volume de glace submergée étant égal à huit fois celui de la glace émergée, un *ice-berg* de 100 mètres devrait avoir une profondeur invisible de 800 mètres. Or cette conclusion est tout à fait inadmissible quand on considère un *ice-berg* comme une pyramide plus ou moins pointue, reposant sur une large base. En étudiant les conditions de stabilité de solides de glace de différentes formes, M. Milne a même été conduit à poser ce principe que, en général, la profondeur de la glace sous l'eau serait au plus égale à sa hauteur visible.

L'auteur est du reste d'avis, d'après ce qu'il a vu à Terre-Neuve et sur les côtes de Finlande, qu'on a généralement exagéré l'action des *ice-bergs* et qu'une part beaucoup plus importante doit être faite à l'influence de la glace qui se forme directement contre les rivages de la mer.

Mouvement des grands glaciers.

GROENLAND. — Il existe à l'intérieur du Groënland une vaste mer de glace, sorte de réservoir d'alimentation pour les immenses glaciers de ce pays qui s'écoulent dans les fiords profondément découpés de ses côtes et engendrent les montagnes de glace flottante.

M. Amund Helland a mesuré avec soin, pendant l'été de 1875, la vitesse d'écoulement du glacier Jakobshavn qui fournit toutes

(1) Communications de M. Helland à M. Delesse.
(2) *Geol. Mag.*, 1877, 65.

les glaces flottantes remplissant la baie de Disco. Cette vitesse est très-exceptionnelle ; car, à 1 kilomètre du bord du glacier, dans un endroit où sa largeur est de $4^k,5$ et son inclinaison de $\frac{1}{2}$ degré, elle différait peu de 20 mètres par 24 heures. A mesure qu'on se rapprochait du bord, elle allait d'ailleurs en diminuant rapidement et, contre le bord même, elle se réduisait à $0^m,02$.

Pour le grand glacier Torsukatak, qui a une longueur de 9 kilomètres et une inclinaison de 2°, la vitesse en 24 heures était environ de 10 mètres, vers le milieu du glacier et de $3^m,07$ à 200 mètres des bords.

Pour d'autres glaciers plus petits, engendrant des glaces flottantes de moindres dimensions, M. Amund Helland a constaté que la vitesse en 24 heures était beaucoup plus faible et seulement de quelques décimètres.

Ainsi, les grands glaciers polaires qui produisent les glaces flottantes ont un mouvement incomparablement plus rapide que ceux de nos régions ; ce mouvement acquiert du reste son maximum de vitesse vers le milieu du glacier et son minimum contre les bords.

Débit des grands glaciers.

GROENLAND. — M. A. Helland a encore cherché à évaluer le débit des glaciers qui produisent les glaces flottantes. Il observe d'abord que les expériences faites sur les glaces flottantes paraissent indiquer que $\frac{1}{7}$ de leur volume se trouve au-dessus de la mer et non pas $\frac{1}{9}$, comme on l'admet généralement. D'après cela, M. Helland estime que, pour connaître la puissance moyenne d'un glacier, à l'endroit où il se brise dans la mer, il suffit de mesurer sa hauteur au-dessus de l'eau et de la multiplier par 7. Au glacier Jakobshavn, par exemple, cette hauteur était de 40 mètres, en sorte que sa puissance peut être évaluée à 280 mètres. Au glacier Torsukatak, cette hauteur n'étant que de 15 mètres, sa puissance serait seulement de 105.

Mais, d'après les observations de M. Helland, la vitesse en été, s'élève à $14^m,25$ par 24 heures pour le premier glacier et à $6^m,85$ pour le second. En hiver, elle doit être moindre et, si l'on veut avoir un résultat minimum, on pourra réduire cette vitesse à moitié.

Maintenant, pour calculer la surface de section du glacier, à l'endroit où il se brise et abandonne les glaces flottantes, M. Helland admet qu'elle est celle d'un trapèze dont les côtés seraient les bords du fiord, inclinés à 20°, et la grande base la largeur même du glacier qui peut être mesurée, soit $4^k,5$ pour Jakobshavn et 9 kilomètres pour Torsukatak. D'où il résulte que la masse de glace

déversée annuellement à la mer par ces deux glaciers du Grönland serait comprise entre

5.800 et 2.900 millions de mètres cubes pour Jakobshavn.
2.300 et 1.150 — — pour Torsukatak.

La quantité de glace qu'un glacier apporte à la mer peut être comparée à la quantité d'eau qu'un fleuve débite à son embouchure; elle dépend de la section à l'embouchure et surtout de la vitesse de la glace; cette dernière dépend elle-même de données très-complexes, relatives à l'ensemble du bassin dans lequel s'alimente le glacier.

LACS.

Tourbières.

SUISSE. — M. Messikomer (1) a montré qu'un grand nombre des tourbières de la Suisse, et particulièrement celles d'Hombrechtikon et de Bubikon dans le canton de Zürich, sont situées sur l'emplacement d'anciens lacs. Au-dessous de la tourbe, on trouve une argile imperméable, d'origine glaciaire, du calcaire lacustre pulvérulent et des coquilles d'eau douce.

Nous rappellerons à ce sujet que M. Ch. Martins (2) a fait voir que la flore des tourbières des hautes régions était un legs de l'époque glaciaire.

RIVIÈRES.

Érosion des rivières.

M. Gilbert (3), en étudiant le mode de formation des profondes échancrures ou *cañons* dans lesquelles sont ouvertes les vallées du Colorado, avait admis que toute la puissance d'érosion d'une rivière réside dans la masse de détritus qu'elle charrie, de telle sorte qu'une eau limpide n'agirait sur les roches que par dissolution.

M. J. D. Dana (4) a fait observer que, dans l'exploitation des *placers* aurifères, un courant d'eau sans détritus charriés, projeté avec force contre la paroi du gravier fortement cimenté, la désagrége en peu d'instants. C'est donc, suivant lui, le choc de l'eau contre les roches qui est la principale cause de l'érosion; quant à l'*abrasion*, c'est-à-dire à l'action des détritus charriés sur le lit du fleuve, c'est un phénomène secondaire, et son influence se fait surtout sentir en ce que, par la trituration dans le transport des parties détachées des bords, elle nettoie le canal et facilite l'action ultérieure de l'eau en mouvement.

(1) *Alpenpost*, 1876, IV, 289. — *Revue géol. suisse*, VIII, 47.
(2) *Revue de géologie*.
(3) *Americ. Journ.* [3], XII, 16, 85.
(4) *Americ. Journ.* [3], XII, 192.

Marmites de géants.

Le phénomène connu sous le nom de *marmites de géants* a été observé dans l'Inde par M. Feistmantel (1). L'auteur a étudié deux de ces cavités, dans la vallée du fleuve Banoloi. Elles sont creusées dans une roche basaltique compacte; l'une d'elles mesure 0m,96 de diamètre sur 1m,20 de profondeur; l'autre a 0m,68 de diamètre sur 0m,66. Pour ces cavités, comme pour d'autres semblables dans la région de Barakus, l'auteur ne met pas en doute qu'elles ne doivent leur origine au mouvement tourbillonnant de l'eau, aidé par le sable et par les graviers que cette eau tient en suspension, surtout à l'époque des crues.

La même explication est adoptée par M. Desor (2) pour les marmites de géants de la Suisse, où le mouvement tourbillonnant aurait été déterminé par le passage des torrents au milieu des amas de blocs glaciaires. D'ailleurs des excavations semblables, d'après M. Lehmann, existent en Saxe, sans qu'on puisse les rattacher le moins du monde aux phénomènes glaciaires.

Variations, pendant l'année, du chlore contenu dans l'eau des rivières.

Nil. — M. J. A. Wanklyn (3) a déterminé, pour les différentes saisons de l'année, le chlore contenu dans l'eau du Nil ainsi que le résidu qu'elle laisse par évaporation. Voici les résultats obtenus, exprimés en grammes et rapportés à 10 litres :

	ANNÉE 1874.							ANNÉE 1875.	
	8 juin.	9 juillet	12 août.	20 sept.	12 oct	12 nov.	12 déc.	Avril	13 mai.
Chlore..	0,26	0,18	0,04	0,06	0,06	0 07	0,06	0.14	0,17
Résidu .	2,14	1,86	1,71	1,43	1,56	1,71	1,29	2,29	3,14

On sait que le Nil commence à monter à la fin de mai, et atteint son maximum au milieu de septembre, puis baisse jusqu'à la fin de décembre et reste à peu près stationnaire jusqu'en mai. D'après les essais précédents il est visible que la proportion du chlore varie beaucoup et en sens inverse de la hauteur de l'eau, le maximum du chlore correspondant à l'étiage du Nil; car alors ce fleuve reçoit moins d'eaux atmosphériques et au contraire plus d'eaux souterraines qui, ayant filtré à travers les terrains, ont pu se charger de matières salines.

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 509.
(2) *Revue géolog. suisse*, VII, 48.
(3) *Jahresbericht fur Chemie fur* 1875, 1226.

D'un autre côté, le degré de dureté ou le résidu de l'évaporation fourni par les eaux du Nil, reste à peu près constant, bien qu'il soit notablement plus grand, pendant les basses eaux.

M. Wanklyn (1) a d'ailleurs constaté que la Tamise contenait également plus de chlore pendant l'étiage que pendant les crues.

Détermination de la vase dans les eaux courantes.

M. Bouquet de la Grye (2) a décrit un appareil simple, le *pélomètre*, qui permet de déterminer rapidement et par une seule lecture la quantité de vase se trouvant dans les eaux.

Dans des expériences faites à la Rochelle, M. Bouquet de la Grye a constaté que la quantité de vase varie du simple au décuple suivant la profondeur à laquelle l'eau est puisée. Par gros temps, un véritable fleuve de boue marche sur le fond de la mer.

La méthode indiquée pourrait, en l'appliquant à nos cours d'eau, donner une mesure exacte du limon que les pluies entraînent chaque année à la mer au détriment de l'agriculture.

MERS.

Variations de la densité de l'eau de mer.

Nice. — M. Vigan, ingénieur des ponts et chaussées, a puisé, à différentes profondeurs, de l'eau de mer au milieu du port à *Nice*, et au large, à 50 mètres du fanal du port. La densité de ces échantillons a été déterminée par M. L. Durand-Claye au laboratoire de l'École des ponts et chaussées :

PROFONDEUR à laquelle l'eau a été puisée.	DENSITÉ DE L'EAU PRISE	
	au large.	au milieu du port.
mètres.		
0	1,027	1,0155
1	1,0265	1,0265
2	1,0265	1,0265
4	1,0265	1,027
6	1,027	1,027

On voit qu'au large de Nice, la densité de l'eau de la mer varie très-peu avec la profondeur.

Dans le port, qui reçoit des affluents d'eau douce ainsi que des sources, la densité est beaucoup plus faible à la surface ; mais l'expérience a montré qu'à la profondeur de $0^m,80$ seulement, elle est déjà la même qu'au large.

(1) *Chem. News*, XXXII, 207.
(2) *Association scientifique de France*, 18 nov. 1877.

Variations du chlore dans l'eau des mers.

M. Bouquet de la Grye (1), a résumé les recherches qu'il a faites, pendant son voyage à l'île Campbell, sur la chloruration de l'eau de mer. La détermination du chlore a eu lieu dans le laboratoire de M. Debray et, en inscrivant sur une mappemonde les résultats obtenus, M. Bouquet de la Grye a constaté d'abord que la loi énoncée par Gay-Lussac et Humboldt sur la salure de l'Océan Atlantique est également vraie pour l'Océan Pacifique. Il est à remarquer seulement en plus, que l'excès de salure des eaux des tropiques sur celle de l'Équateur varie avec les saisons.

Dans l'archipel Malais, pendant l'hivernage, les eaux étaient très-peu chlorurées, tandis que sur la côte est d'Australie, elles l'étaient beaucoup.

Aux approches de l'île Campbell, l'eau de mer est, au printemps, plus chlorurée que lorsque la banquise a commencé à fondre sous l'influence des chaleurs de l'été.

Sur la côte de Californie, le courant qui vient du nord est caractérisé par un abaissement du titrage en chlore, ainsi que par une moindre température de l'eau ; enfin, dans l'Océan Atlantique, l'approche des glaces de la banquise nord coïncide encore avec une moindre salure des eaux de la surface.

M. Bouquet de la Grye a recherché aussi les relations qui reliaient la dilatation au titrage en chlore et il a pu dresser un tableau donnant, par rapport à la chloruration, les densités aux températures de 0°, 15° et 20°.

Il conclut de ses recherches, au moins en ce qui concerne la mesure des densités à bord, qu'il est plus exact de rechercher cette densité, au moyen du titrage en chlore de l'eau de mer, que de l'obtenir directement au moyen d'un densimètre.

Les relations qui existent entre la dilatation, la température, la densité et la chloruration peuvent servir à analyser quelques phénomènes d'équilibre de la mer.

Ainsi, le niveau moyen de l'Océan est donné actuellement par une sommation de hauteurs, tandis qu'en réalité le niveau d'équilibre, équilibre de poids, est lié au coefficient de dilatation du liquide et à la température.

Dans le jeu des marées, la connaissance du titrage en chlore permet d'apporter aux hauteurs des corrections s'élevant à près de 1 décimètre. L'introduction de cet élément, ainsi que celui de la force vive des lames, servira à expliquer ces différences du

(1) *Comptes rendus*, 20 déc. 1875. (Extrait par M. Poirier.)

niveau moyen de l'Océan, dans des ports contigus, qui tendaient à faire douter du nivellement qui les reliait.

M. Bouquet de la Grye, en s'aidant des sondages du capitaine Nares, commandant du *Challenger*, a pu aussi aborder la question plus générale de la forme de la surface des eaux de l'Océan.

Il trouve une surélévation de 4 mètres dans la mer qui baigne les côtes de l'Amérique du Nord, par rapport au niveau de l'Océan près des îles du cap Vert. Les vents alizés, d'autre part, font creuser la mer de 2 mètres sous le tropique, à mi-distance entre l'Afrique et l'Amérique.

En appliquant ce procédé de nivellement à la recherche de la différence de hauteur de la Méditerranée et de l'Océan, pour deux points, Marseille et Brest, on arrive au chiffre 1,06, tandis que le nivellement terrestre donne 1,02.

En appliquant les mêmes considérations à l'étude de ce qui se passe entre Suez et Port-Saïd, on arrive à la démonstration du double mouvement de surface et de fond des eaux de la mer Rouge et de la Méditerranée dans les différentes parties du canal.

Cette étude de M. Bouquet de la Grye ouvre une voie nouvelle dans la recherche de la forme réelle de notre planète.

Des déterminations chlorométriques suivies, faites par les navires, pourraient servir aussi à améliorer les cartes des courants marins.

Modifications des côtes.

Les rivages maritimes éprouvent des modifications incessantes, qui peuvent provenir tantôt d'élévations où de dépressions, tantôt d'érosions ou de remblais formés par les alluvions. Il est facile de constater ces modifications par l'observation directe; mais, pour bien apprécier leur importance, il convient de comparer les changements survenus au bout d'un grand nombre d'années, en s'aidant de cartes des côtes et de documents historiques : c'est un travail que M. le capitaine de vaisseau Dumas-Vence (1) a entrepris pour la Manche et pour la mer du Nord.

Ainsi, l'île Helgoland, à l'embouchure de l'Elbe, était autrefois beaucoup plus étendue et comptait plusieurs paroisses, tandis que, maintenant, elle se trouve réduite à un rocher escarpé et à une seule commune. Chaque année la mer ronge activement ses falaises et de violentes tempêtes l'ont presque entièrement détruite vers les années 800 et 1300.

Des irruptions successives de la mer ont considérablement mo-

(1) *Rapport présenté au deuxième groupe du congrès international de géographie,* [illegible]

lité de rivage des Pays-Bas et toute la côte occidentale de la péninsule danoise.

D'un autre côté, sur les côtes de France et d'Angleterre, un grand nombre de ports, qui étaient importants à l'époque romaine et au moyen âge, ont cessé d'exister et se trouvent actuellement dans l'intérieur des terres, quelquefois même à une grande distance. Ce résultat s'explique très-bien soit par des envasements et des remblais qui ont été opérés par les alluvions, soit par des soulèvements qui ont été bien constatés sur certains points des côtes.

Toutefois M. Dumas-Vence est porté à attribuer la perte des ports de la Manche à des abaissements considérables dans les niveaux des marées de ce bras de mer. Lorsque l'Angleterre était reliée au continent, la marée devait, en effet, s'élever très-haut dans le fond du golfe que formait la Manche; c'est ce que semblent indiquer notamment les grandes dunes qui s'observent sur les côtes de France et d'Angleterre. Lorsque l'isthme fut rompu, le niveau des marées diminua, sans doute, dans la Manche et augmenta, au contraire, dans la mer du Nord dont les eaux étaient alors refoulées par celles venant de la Manche.

Mais l'érosion sur les côtes de la Manche a été très-inégale et elle a varié beaucoup avec leur constitution géologique (1). Dans l'ouest, les granites de la Bretagne et du Cornouailles résistèrent naturellement beaucoup mieux que la craie friable et les dépôts sableux de la Normandie, de la Picardie et du sud de l'Angleterre. Par suite, tandis que le volume des eaux venant de l'ouest restait à peu près le même, le bassin de la Manche s'élargissait et augmentait par les érosions rapides qui avaient lieu dans l'est; en sorte que le niveau des marées devait tendre à diminuer.

Il est à remarquer seulement que si, au moment de la rupture de l'isthme du Pas-de-Calais, le niveau des marées a diminué subitement et d'une manière très-notable, depuis cette époque, qui est antérieure à l'histoire, il ne devait plus diminuer que faiblement et à peu près de la même quantité dans tous les ports de la Manche.

GUERNESEY. — M. Peacock (2) a signalé, tout autour de l'île de Guernesey, de nombreux vestiges de *forêts submergées*. Il cite des passages d'anciens historiens faisant allusion à cette terre aujourd'hui engloutie et dont la submersion, causée par un af-

(1) *Lithologie du fond des mers*; Dépôts littoraux de la France.
(2) *Geol. Society*, 21 juin 1876.

faissement du sol, et non par la rupture d'une barrière, aur
eu lieu au xv[e] siècle. A en juger par une ancienne carte de
l'affaissement n'aurait pas été de moins de 49 mètres.

Bathybius.

La campagne du Challenger dans le Pacifique a mis en évidence
un fait intéressant, signalé par MM. Buchanan et Murray (1).
Dans ces dernières années, divers naturalistes avaient annoncé la
présence constante, au milieu des eaux de l'Océan, d'un orga-
nisme très-inférieur, de consistance gélatineuse, qu'ils avaient
nommé *Bathybius*. MM. Buchanan et Murray ont consta
que ce prétendu organisme n'était autre qu'un précipité géla-
tineux de sulfate de chaux, qui se forme quand on traite une
certaine quantité d'eau de mer par l'alcool; ce précipité, redis-
sous dans l'eau et évaporé, cristallise dans la forme bien connue
du gypse : ainsi l'apparence, qui avait si bien trompé les natu-
ralistes, tenait à ce que les spécimens d'eau de mer et d'animaux
marins étaient conservés dans des bocaux avec de l'esprit-de-vin.
M. Buchanan a d'ailleurs vérifié, par de nombreuses expériences,
qu'en dehors des foraminifères et des algues, il n'y a, dans l'eau de
mer, aucun protoplasme fournissant une quantité appréciable de
matière organique.

Dépôts marins.

M. J. Murray (2) a fait connaître les principales variétés de
dépôts marins que la sonde a rapportées lors de la dernière ex-
pédition du Challenger dans l'Océan Pacifique. On peut distin-
guer :

1° Les *dépôts côtiers*, dont le caractère dominant est la pré-
sence de débris des terres voisines; quelquefois ils s'étende
à près de 300 kilomètres en mer. Parmi leurs variétés, mentionnons

a. Les vases bleues et vertes, observées près des côtes de
plupart des continents et des grandes îles;

b. Les vases et sables de couleur grise, entourant les îles d'ori-
gine volcanique;

c. La vase rouge, rencontrée sur la côte orientale de l'Amériq
du Sud;

d. La vase corallienne, entourant les récifs de polypiers.

2° La *boue à Globigérines* abonde sous les océans, mais
dépasse pas, vers le sud, la latitude de 50 degrés. On ne la tro

(1) *Proceedings of the Royal Society*, XXIV, 471, 518.
(2) *Proceedings of the Royal Society*, XXIV, 471, 518.

pas non plus dans les mers fermées. La plus grande profondeur à laquelle elle ait été rencontrée est de 5.350 mètres.

3° La *boue à Radiolaires*, dépôt océanique limité aux parties orientale et centrale du Pacifique; les radiolaires siliceux y remplacent les globigérines calcaires.

4° La *boue à Diatomées*, dépôt océanique qui ne se rencontre qu'au sud du 50° parallèle, et qui est formé par les débris d'algues siliceuses.

5° Les *argiles rouges et grises*, le plus abondant de tous les dépôts marins, rencontré à toutes les profondenrs à partir de 4.000 mètres. De la pierre ponce, en menus fragments, existe dans toutes ces argiles.

C'est dans ce dernier dépôt surtout que se rencontre l'oxyde de manganèse sous forme de nodules et aussi d'incrustations à la surface des dents et des os de poissons et des os de cétacés. On le trouve également, en grains plus petits, dans les boues à globigérines et à radiolaires.

Les dépôts d'argiles rouges et grises paraissent se former avec une extrême lenteur. Il y a des cas où la drague, sans s'être enfoncée de plus de 4 ou 5 centimètres dans l'argile, rapporte une centaine de dents de requins et plus de trente os de l'oreille de cétacés; quelques-uns d'entre eux sont couverts d'une incrustation de manganèse de 2 ou 3 centimètres, tandis que d'autres n'en portent aucune trace, ce qui prouve que leur accumulation remonte à des dates fort différentes.

Dans les boues à globigérines, on trouve à peine une dent de requin, par hasard, et la rencontre en est encore plus rare dans les dépôts côtiers, qui se forment beaucoup plus vite.

Les sondages du Challenger ont appris que les globigérines vivent près de la surface des eaux de l'Océan; leurs débris seuls vont former la boue calcaire du fond, où l'on ne rencontre pas un seul de ces organismes à l'état vivant. Leur disparition au delà de 4 ou 5.000 mètres paraît tenir à la dissolution exercée sur leurs coquilles par l'acide carbonique. L'argile rouge demeure alors comme résidu.

Importance de l'oxyde de manganèse dans les dépôts marins.

D'après MM. J. Murray et Wyville Thomson (1), le peroxyde de manganèse est extrêmement répandu dans les dépôts de l'Océan. Il forme des petits grains, des concrétions, des nodules, des agré-

(1) Wyville Thomson : *Challenger Expedition*, 1876.

gats et aussi des incrustations. C'est dans les argiles des mers profondes qu'il est le plus fréquent; toutefois, tandis qu'il est abondant dans certaines localités, dans d'autres il ne se trouve qu'en petite quantité. Du reste, le peroxyde de manganèse n'est pas limité à ces argiles; il a été rencontré dans la plupart des autres dépôts marins qui se forment à une profondeur supérieure à 900 mètres, dans la boue à globigérines et à radiolaires aussi bien que dans les argiles qui sont à une grande profondeur. Il présente habituellement la forme de petits grains, de pelotes et de nodules. Dans les dépôts des mers profondes qui ont une couleur chocolat, le microscope fait reconnaître des grains d'oxyde de manganèse qui sont arrondis, très-petits et présentent une couleur brun rouge devenant souvent plus foncée vers leur centre.

D'un autre côté, les concrétions d'oxyde de manganèse atteignent, dans certains cas, un poids de quelques kilogrammes. Au centre du nodule, on observe assez souvent de menus débris et en particulier de la ponce. Des ossements de cétacés, des dents de squales peuvent aussi être recouverts par des zones concentriques d'oxyde de manganèse, qui ont quelquefois jusqu'à plusieurs centimètres d'épaisseur; le même fait a été observé pour des éponges siliceuses et pour des gorgones.

De l'argile rouge peut encore occuper le centre du nodule de manganèse. Enfin le test des globigérines et des radiolaires se montre également incrusté d'oxyde de manganèse, et il en est de même pour les coquilles et pour les polypiers.

Les régions de l'Océan dans lesquelles le manganèse est en plus grande quantité, sont le milieu de l'Atlantique entre les Canaries et les îles Vierges, le sud-ouest de l'Australie, au nord et au sud des îles Sandwich, au nord de Tahiti et généralement dans le sud du Pacifique, notamment entre Tahiti et Valparaiso.

M. J. Murray observe qu'il est surtout abondant dans les endroits où l'on rencontre beaucoup de débris de lave augitique.

Il est très-remarquable de trouver l'oxyde de manganèse aussi répandu dans les dépôts de l'Océan; d'après l'aire étendue sur laquelle il existe, il nous paraît probable qu'il provient de carbonate de manganèse, lequel s'est décomposé en s'oxydant dans les eaux riches en oxygène, voisines de la surface. Le peroxyde de manganèse produit de cette manière, étant en parcelles microscopiques, reste en suspension dans les eaux animées de la plus faible vitesse et va se déposer dans les grandes profondeurs, où, cédant à l'attraction moléculaire, il forme des grains, des nodules et des concrétions.

Origine du sel gemme.

M. Ochsenius (1) a étudié la formation du sel gemme par les causes actuelles et il a spécialement examiné ce qui se passe dans la mer Caspienne.

Si l'on considère sur sa côte orientale le golfe de Kara-Boghaz, il est presque entièrement séparé de cette mer par une barre et, d'un autre côté, il ne reçoit plus de rivières. Ses eaux deviennent donc de plus en plus salées, par suite de l'évaporation, la barre laissant arriver les eaux de la Caspienne qui sont plus légères, mais faisant obstacle à la sortie d'un courant inférieur, comme celui qui existe à Gibraltar et aux Dardanelles. Il en résulte qu'il se dépose du sel ainsi que des cristaux de gypse sur le fond du golfe de Kara-Boghaz.

Selon M. Ochsenius, c'est à ce phénomène qu'il faudrait attribuer la diminution de la salure générale des eaux de la Caspienne ainsi que la prédominance bien marquée des sels de magnésie.

Le tableau suivant montre, en tout cas, que, pour une même proportion de sel marin, l'eau de la Caspienne contient, en plus sur celle de l'Océan, 44 p. 100 de chlorure de magnésium et près de 3 ½ fois son poids de sulfate de magnésie.

	OCÉAN.	MER CASPIENNE.
Résidu salin de l'évaporation	3,47	0,63
Chlorure de sodium	76,28	58,25
Chlorure de magnésium	9,08	10,00
Sulfate de magnésie	7,27	19,68
Chlorure de potassium	2,28	1,27
Sulfate de potasse	3,70	7,78

Dans cette théorie, la mer Caspienne avait primitivement la salure de l'Océan; mais, une partie du sel qu'elle contenait se déposant dans sa région orientale, elle est devenue saumâtre et magnésienne.

Généralisant la théorie, M. Ochsenius l'applique aux gîtes de sel gemme les plus puissants et, en particulier, à ceux qui atteignent une si grande épaisseur dans l'Allemagne du Nord.

Si l'on conçoit un golfe marin, qui soit incomplétement séparé de l'Océan par une barre à peu près horizontale, ne permettant pas à l'eau de l'Océan de rentrer assez vite pour remplacer celle qui s'évapore dans le golfe, il s'y produira forcément un dépôt de

(1) *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, XXVIII, 660.

sel dont l'épaisseur dépendra des ouvertures laissées libres par la barre et de la durée du phénomène.

Par suite de l'évaporation, les couches supérieures deviennent plus lourdes et tombent dans le fond du golfe où leur température diminue et peut même atteindre — 3° pour des profondeurs de quelques milliers de mètres. Il se dépose d'abord du gypse qui incruste toutes les parois du fond, en sorte qu'il les rend imperméables. Après vient le tour du sel gemme. L'eau mère surnageante donne ensuite de la polyhalite ($2CaO,SO^3 + MgO,SO^3 + KO,SO^3 + 2HO$), minéral qu'on retrouve au toit de la plupart des couches de sel. Enfin, par la rentrée de nouvelles quantités d'eau de mer, le sulfate de chaux, qui se précipite dans l'eau mère, reste complétement anhydre et se dépose à l'état d'anhydrite qui forme souvent le recouvrement des gîtes de sel gemme.

Lorsque la barre vient à se rompre, l'eau de la mer occupe de nouveau le golfe, dans lequel elle donne une seconde fois des dépôts successifs de gypse, de sel gemme et d'anhydrite. On conçoit du reste que les communications du golfe avec la mer puissent alterner avec des interruptions partielles et se produire à différentes reprises.

Lorsque la barre émerge par suite d'un soulèvement, le golfe peut être complétement isolé; son eau mère, qui est magnésienne, forme alors des *lacs amers*, comme ceux de Suez et comme la mer Morte.

Selon M. Ochsenius, la grande épaisseur du sel gemme à Speremberg et à Stassfurt, dans l'Allemagne du Nord, ne serait même pas un obstacle à cette théorie, puisque le nord-est de l'Australie présente une mer ayant plus de 2 kilomètres de profondeur et une barrière de coraux qui entoure une surface mesurant 34.000 milles carrés. Il convient d'observer cependant, avec M. E. Reclus, qu'une mer de 5 kilomètres de profondeur donnerait seulement par évaporation une couche de sel de 70 mètres.

En attribuant le sel gemme à l'eau de mer, il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue, qu'à Stassfurt, la présence de minéraux contenant du bore paraît accuser aussi l'intervention de sources minérales dans la formation du dépôt. En définitive, les sources minérales et les émanations internes du globe avaient toujours une certaine part dans les produits de l'évaporation de l'eau de la mer, et l'on conçoit qu'ils en avaient une d'autant plus grande que le bassin marin dans lequel cette évaporation avait lieu était lui-même plus profond (1).

(1) Delesse : *Lithologie du fond des mers*, 406.

EAUX SOUTERRAINES.

CACERES. — Quelques renseignements sur les sources de la province de Caceres en Espagne, sont donnés par MM. Egozcue y Cia et L. Mallada (1). Celles du granite sont les meilleures et les plus abondantes et l'on en rencontre dans les mêmes conditions à la limite du granite avec le schiste cambrien. Celles du schiste sont généralement moins pures et donnent souvent un dépôt ferrugineux ; elles peuvent aussi avoir une saveur désagréable. Les sources des calcaires dévoniens sont quelquefois magnésiennes ; quant à celles du terrain quaternaire, elles sont rarement potables.

KIT CARSON. — Sur le chemin de fer du Kansas au Pacifique, à la station Kit Carson, M. le Dr B. N. Hayden (2) mentionne qu'un sondage entrepris pour rechercher de l'eau a rencontré successivement trois crevasses ou espaces vides, puis à la profondeur de 450 pieds américains une eau salée jaillissante.

Cartes hydrologiques.

SEINE-ET-MARNE. — M. Delesse (3) a résumé ses études sur les nappes souterraines de Seine-et-Marne dans une *carte hydrologique de ce département.*

Cette carte a été exécutée sur la carte d'état-major réduite à l'échelle du 100.000e.

Les *nappes d'eau* qu'elle représente sont visibles et superficielles ou bien invisibles et souterraines.

Les *nappes souterraines* sont très-complexes; elles proviennent des eaux de l'atmosphère qui, tombées à l'état de pluie, s'infiltrent dans l'intérieur du sol et descendent, en vertu de la pesanteur, jusqu'à ce qu'elles rencontrent des couches imperméables. Leur puissance est d'autant plus grande qu'elles sont alimentées par un bassin hydrographique plus étendu et recouvertes par une épaisseur plus forte de couches perméables. Les nappes souterraines supportées par des couches imperméables étant assez nombreuses, on a dû se borner aux principales ; celles qui ont été distinguées correspondent aux couches suivantes : 1° l'*argile à meulières de*

(1) *Memorias de la Comision del mapa geologico de España*, 1876.
(2) *Geol. Survey of Wyoming*, 1870 ; 264.
(3) Carte en chromolithographie, gravée par Wuhrer, rue de l'Abbé-de-l'Épée, Paris.

Beauce et les veines d'argile qui, dans l'arrondissement de Fontainebleau, sont intercalées dans le calcaire lacustre de cet étage; 2° les *glaises vertes*, qui ont été réunies aux *argiles à meulières de Brie;* 3° l'*argile plastique*, qui comprend plusieurs couches argileuses,

Il existe bien encore d'autres nappes qui sont supportées par des couches imperméables intercalées dans les différents étages tertiaires ; mais elles sont irrégulières et peu continues.

Parmi les nappes souterraines, on désigne sous le nom de *nappes d'infiltration* celles qui bordent les rivières, les ruisseaux, les étangs, et en général les nappes superficielles. Elles ne sont pas immédiatement superposées à des terrains imperméables; mais elles proviennent des eaux superficielles ou souterraines qui pénètrent à travers les divers terrains perméables encaissant les rivières. Elles s'élèvent ou s'abaissent avec ces dernières ; elles sont en relation avec leur débit et avec la perméabilité des terrains dans lesquels elles coulent. Dans le département de Seine-et-Marne, les terrains perméables baignés par ces nappes sont surtout le terrain de transport des vallées et la craie blanche.

La carte hydrologique de Seine-et-Marne montre que les nappes d'infiltration se raccordent avec les rivières dans lesquelles elles vont se déverser. Elles imbibent le terrain de transport des vallées qui occupe de grandes étendues sur les rives de la Marne et surtout de la Seine. A l'entrée de la Seine dans le département, et vers son confluent avec l'Yonne, la nappe d'infiltration s'élève à 60 mètres; il en est de même pour l'Ourcq, près de Crouy, tandis que près de Citry, la nappe d'infiltration du terrain de transport de la Marne reste à un niveau moins élevé.

Il existe également des nappes d'infiltration dans les couches plus ou moins perméables qui se trouvent comprises entre les glaises vertes et l'argile plastique. Ainsi, dans l'arrondissement de Meaux, elles traversent le calcaire lacustre, les sables moyens, le calcaire grossier, et elles communiquent avec la Marne.

Une nappe d'infiltration imbibe la craie qui affleure vers Montereau et dans le sud du département. Sa cote est supérieure à 100 mètres à Villebon et à Égreville. Cette nappe de la craie s'écoule dans les rivières voisines.

Toutes les nappes d'infiltration ont leurs courbes horizontales symétriquement placées sur les deux rives du cours d'eau avec lequel elles sont en communication ; ces courbes se croisent sous un très-petit angle dont le sommet est tourné vers l'amont.

Considérons maintenant les autres *nappes souterraines*.

Celles des *argiles à meulières de Beauce* se rencontrent seulement vers le sommet des collines les plus élevées.

La nappe des *glaises vertes* est de beaucoup la plus importante de la Brie; elle alimente les puits ordinaires sur tout le plateau formant cette région naturelle. Elle alimente aussi les sources nombreuses qui, sur les flancs du plateau, se montrent au niveau des affleurements des glaises vertes.

Dans les parties où les glaises vertes ne sont pas recouvertes par le calcaire de Brie, il existe souvent des mares. Cette nappe est très élevée au nord et à l'est du département, car elle atteint 200 mètres à Heurtebise, 194 mètres à Bois-Retz, 180 mètres à Vignory; d'un autre côté, elle descend à 60 mèt. vers Fontainebleau, et même à 55 mètres à Pringy, dans l'arrondissement de Melun, en sorte que cette nappe plonge du nord-est vers le sud-ouest, comme la couche qui la supporte. La pente à sa surface est en moyenne de $0^m.003$ par mètre. Pour un plateau isolé, la nappe des glaises vertes s'incline d'ailleurs légèrement sur les bords du plateau.

La nappe de l'*argile plastique* alimente des puits dans le sud du département, aux environs de Provins, de Lorrez-le-Bocage. Dans ce dernier canton, les puits traversent quelquefois les couches d'argile plastique pour aller atteindre au-dessous la nappe d'infiltration qui imbibe la craie.

Cette nappe de l'argile plastique s'élève à plus de 123 mètres à Saint-Ange et près de Chalautre-la Grande. Elle se retrouve, mais seulement sur de petites étendues, dans le nord du département, en particulier vers Saint-Aulde, dans la vallée de la Marne.

En résumé, la carte hydrologique du département de Seine-et-Marne fait connaître le mode d'écoulement des eaux superficielles ou souterraines. Elle donne la position et la forme des nappes souterraines et aussi la profondeur à laquelle on peut les atteindre; de plus, elle permet de saisir facilement les rapports qui existent entre les nappes superficielles ou souterraines et la constitution géologique du sol.

TARN-ET-GARONNE.— La carte hydrologique de Tarn-et-Garonne exécutée par M. Rey-Lescure est également basée sur l'étude géologique. Comme la carte hydrologique du département de Seine-et-Marne, elle fait connaître les nappes d'eau souterraines qu'on trouve dans chaque terrain; elle indique approximativement leur altitude ainsi que les niveaux des sources et la profondeur à laquelle il est nécessaire de creuser les puits. Elle donne en outre divers renseignements sur la qualité des eaux.

L'altitude des nappes souterraines varie de 180 à 160 mètres dans l'Agenais ; de 350 à 160 mètres dans le haut Quercy ; de 260 à 100 mètres dans les Causses ; de 250 à 100 mètres dans la Gascogne ainsi que dans le bas Quercy ; de 120 à 60 mètres dans les vallées de la Garonne, du Tarn, de l'Aveyron.

Les nappes souterraines des vallées s'écoulent à travers les sables et graviers qui forment leur fond et leurs parois ; on les appelle nappes d'infiltration et elles varient avec la hauteur des fleuves dans lesquels elles se déversent.

Quand les terrains imperméables se montrent à la surface, les sources sont faibles et très-nombreuses ; c'est, par exemple, ce qui a lieu sur le granite : tandis que dans les terrains perméables, comme les calcaires jurassiques, qui sont percés par un grand nombre de puits absorbants naturels, les sources sont rares et très-abondantes ; telles sont celles de Livron, du Martinet, de la vallée de l'Aveyron.

De même qu'en Franche Comté, les sources des terrains jurassiques de Tarn-et-Garonne se font quelquefois jour dans les endroits où il existe des failles.

Du reste, les eaux sont rares sur le haut de tous les plateaux du département.

Les eaux de Tarn-et-Garonne sont en général calcaires et elles peuvent même devenir incrustantes, notamment quand elles sortent des calcaires jurassiques ; elles sont magnésiennes dans le *trias* et aussi dans le lias, car ces terrains renferment des couches de dolomie. Sur les granites, les matières organiques les rendent quelquefois acides.

Phénomènes volcaniques.

Éruptions.

ISLANDE. — Partant des recherches faites sur l'Islande et de la bonne carte de cette île qui a été exécutée sous la direction d'Olsen, M. Kjerulf (1) a cherché à grouper les divers phénomènes volcaniques dont elle a été et est encore le théâtre. M. Kjerulf distingue :

1° Les fentes par lesquelles se font les éruptions des volcans ; elles offrent deux directions N. et N.-E. ;

2° Les fentes ouvertes, sortes de vallées, nommées *Gjoa* dans le pays, qui présentent trois directions N., N.-E. et N.-N.-O. ;

(1) *Zeit., d. deutschen Geol. Gesellschaft*, 1876.

3° Les fentes livrant passage aux geysirs et aux solfatares; elles se groupent suivant trois directions qui ne diffèrent pas beaucoup des précédentes;

4° Les filons de laves, correspondant à des fentes anciennes et très-profondes qui ont été remplies; on peut les rapporter à quatre directions.

Autant que le permettent les documents historiques et d'après MM. Schythe, Zirkel et E. Robert, M. Kjérulf a dressé une statistique des éruptions auxquelles ont donné lieu les nombreux volcans de l'Islande. Avant l'an 1000, l'activité volcanique était surtout à Koetla et dans l'ouest de l'île; mais, en 1104, l'Hécla vomit une grande quantité de cendres; alors il y eut jusqu'à nos jours une sorte d'alternance entre les éruptions de l'Hécla, de Koetla, de Myvatn, et des autres volcans.

En résumé, les éruptions les plus anciennes avaient lieu dans l'ouest de l'Islande et, malgré une certaine périodicité, les éruptions les plus récentes tendent au contraire à se faire jour vers l'est de cette grande île.

Japon. — M. J. Milne (1) a décrit les circonstances d'une éruption volcanique dont il a été le témoin dans l'île d'Oshima, près de Yeddo. Il a pu faire l'ascension du cratère principal, au fond duquel un cône émettait de la lave, des lapilli, des bombes et une colonne de fumée s'élevant à plus de 300 mètres. L'éruption durait déjà depuis 16 jours. Trois ans auparavant le volcan d'Oshima avait dégagé de la fumée et, sept ans plus tôt, il y avait eu une véritable éruption.

Toutes les îles voisines d'Oshima sont d'origine volcanique; mais, à l'exception d'une ou deux qui émettent quelquefois de la vapeur, on peut les considérer comme étant maintenant au repos.

Il est à remarquer que les tremblements de terre, fréquents au Japon, ne paraissent pas être ressentis à Oshima, comme si le volcan formait une soupape naturelle qui empêche l'onde séismique de produire son effet habituel d'ébranlement.

La lave de l'île d'Oshima paraît être une andésite avec augite, contenant un peu de sanidine, et ressemblant à quelques-unes des roches de Java.

(1) *Geol. Mag.*, 1877, 193.

MODIFICATIONS DES ROCHES (*).

Sous le titre modifications des roches, nous réunirons les divers travaux qui se rattachent au métamorphisme, ce mot étant pris dans son acception la plus étendue.

Expériences sur la solidification de sphères de matières fondues.

M. Sacher (1) a fait quelques expériences sur la manière dont s'opère le refroidissement d'une sphère liquide. Dans un vase on introduit des couches d'alcool de densités différentes, celles du bas restant froides, tandis que celles du haut sont chaudes. Si, dans ce vase ainsi rempli, on verse des gouttes de blanc de baleine fondu, on remarque les faits suivants : deux gouttes peuvent se réunir en une seule par attraction de masse et le phénomène est d'autant plus fréquent, qu'elles sont plus voisines de leur point de solidification. Dans les couches inférieures froides, les gouttes se recouvrent d'une écorce; si la première pellicule se forme en haut ou de côté, la goutte se met en rotation ; l'écorce, d'abord lisse, devient inégale à mesure que son épaisseur augmente; quand elle est devenue trop rigide pour se plisser, il s'y fait une cavité en forme d'entonnoir.

Des expériences semblables ont été exécutées à l'aide de sphères de soufre fondu versées dans un mélange d'acide sulfurique et d'eau de densité croissante avec la profondeur.

Ces recherches peuvent présenter quelque intérêt pour la théorie de la formation du globe terrestre.

Cailloux impressionnés.

Le phénomène des cailloux impressionnés, qui s'observe sur des conglomérats, sur des poudingues et sur des grès, de toute nature et de toutes dimensions, peut également être constaté sur des roches clastiques à grains très-fins; il suffit, pour cela, d'avoir recours au microscope. En effet, en examinant avec cet instrument une sorte de grauwacke du Nevada, M. Zirkel a reconnu que des grains roulés de quartz ont pénétré profondément dans les débris de felsite et de lydienne.

(*) Cette partie a été traitée par M. Delesse.
(1) *Neues Jahrbuch*, 1877, 543.

Pseudomorphisme.

Roseaux silicifiés.

SAINT-NECTAIRE. — Dans une ancienne mare des environs de Saint-Nectaire, M. Des Cloizeaux a observé des roseaux, identiques avec ceux qui y vivent encore maintenant. Ils ont été pseudomorphosés par de la silice et ont conservé tous les détails de leur structure. Ils sont, du reste, accompagnés d'une multitude de diatomées.

On sait que les eaux minérales sortant actuellement du granite de Saint-Nectaire, donnent un dépôt calcaire et non pas siliceux; ce fait montre donc bien que la nature de ce dépôt a varié depuis l'époque actuelle.

Calcaire changé en phosphorite.

CURAÇAO. — M. Stelzner (1) a examiné des phosphates de chaux provenant de l'île de Curaçao (Antilles). Ces phosphates résultent clairement d'une transformation chimique éprouvée par un calcaire corallien très-récent. L'analyse montre que ce calcaire passe peu à peu à la phosphorite, en prenant une texture caverneuse. Il faut sans doute attribuer ce métamorphisme à des eaux de lavage provenant de guanos, qui se sont infiltrées lentement à travers le calcaire sous-jacent. On constate du reste que, même dans son état le plus pur, la phosphorite de Curaçao ne présente que très-rarement des échantillons à texture cristalline ou concrétionnée.

Enstatite changé en stéatite.

KJÖRRESTAD. — En Norwége, dans la paroisse Bamle, on a exploité à Kjörrestad un gîte d'apatite dans lequel ce minéral se trouve surtout associé à de l'hornblende, mais aussi à du rutile, à du mica blanc verdâtre, à du talc et en outre à de l'enstatite. Ce dernier minéral, découvert par MM. Brögger et Reusch, a été étudié par eux et par M. G. vom Rath (2) : il est en cristaux gigantesques, qui peuvent atteindre jusqu'à $0^m,4$. Son examen microscopique montre que, suivant les fissures de clivage et suivant les fentes irrégulières qui le traversent, il a été transformé en une sorte de talc ou plutôt de stéatite. L'examen comparatif de l'enstatite normal (I) et pseudomorphosé (II) a d'ailleurs donné les résultats suivants :

---

(1) *Neues Jahrbuch*, 1877, 415.
(2) *Monatsbericht der K. Akademie d. W. zu Berlin*. 26 octobre 1876.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	HO	Somme.
I	3,153	58,00	1,35	3,16	»	36,91	0,80	100,22
II	2,867	57,62	1,48	1,96	0,12	34,72	4,38	100,28

Ce pseudomorphisme de l'enstatite en stéatite est analogue à celui du péridot et de la monticellite en serpentine. C'est un nouvel exemple à ajouter à d'autres déjà très-nombreux, de silicates magnésiens métamorphosés en hydrosilicates de la même base.

Orthose changé en cassitérite.

Le phénomène si remarquable de l'orthose pseudomorphosé en oxyde d'étain a été étudié chimiquement au microscope par M. J. A. Phillips (1). Voici les résultats de deux analyses faites, la première sur l'orthose de Saint-Agnès, en Cornouailles, contenant seulement des traces d'oxyde d'étain; la deuxième sur le même minéral très-fortement imprégné par cet oxyde métallique.

	EAU hygroscopique.	EAU combinée.	SiO^2	SnO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	Mnn^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Somme.
I	2,92	0,70	49,99	traces	34,69	5,50	1,60	1,36	0,63	1,84	0,32	99,55
II	0,47	0,25	14,68	70,74	9,09	2,68	0,97	0,22	0,23	0,79	traces	100,12

Il est facile de constater que la composition chimique de l'orthose a été complétement modifiée, même lorsqu'il ne contient que des traces d'oxyde d'étain. La silice et les alcalis ont beaucoup diminué, tandis que l'alumine, les oxydes de fer et de manganèse ont augmenté. L'étude microscopique en donne d'ailleurs l'explication; car on voit, au microscope, un mica blanc argenté, par conséquent très-riche en alumine, dans lequel la cassitérite est surtout enveloppée. D'un autre côté, il y a aussi du quartz contenant des liquides, des gaz, des fragments de mica ainsi que de la cassitérite.

Dans les échantillons ou la cassitérite domine, M. J. A. Phillips a encore observé du mica, du quartz et en outre des cristaux bleus de tourmaline.

En résumé, le phénomène est complexe; et quand même l'orthose a été presque entièrement remplacé par de la cassitérite, cette dernière est accompagnée de mica argenté, de quartz et de tourmaline, minéraux qui lui sont habituellement associés dans les filons d'étain.

(1) *Jahresbericht für Chemie*, etc., *für* 1875; 1249.

Décomposition.

Rubéfaction.

M. Van den Broeck (1) a insisté sur les erreurs que peut faire commettre l'état d'altération de certains sables, en faisant croire à l'existence de dépôts ferrugineux particuliers, pénétrant sous forme de poches dans les sables sous-jacents. Très-souvent ces ravinements apparents ne sont que des zones d'altération et l'on peut s'en convaincre en constatant, au microscope, l'identité de grain du sable ferrugineux et de celui qu'il semble raviner. La glauconie, qui abonde dans les sables tertiaires du nord, se décompose sous l'influence d'infiltrations carboniques : il en résulte, d'abord une teinte verdâtre générale, puis, quand l'oxydation du fer est plus avancée, une teinte rouge : l'infiltration pénétrant d'ailleurs en divers endroits d'une manière très-inégale, la teinte rouge est limitée en bas par des contours dentelés qui simulent des ravinements.

M. Van den Broeck pense que cette explication convient à plusieurs cas de discordance, signalés par les géologues entre deux formations sableuses. Toutefois l'auteur va trop loin lorsqu'il l'applique au diluvium rouge, qu'il considère comme la zone d'altération du diluvium gris sous-jacent. Dans le bassin parisien ces dépôts sont entièrement distincts et indépendants l'un de l'autre.

Kaolinisation.

Lorsque le granite se décompose, il passe habituellement à l'état argileux et il éprouve une kaolinisation ; mais dans certains cas, le phénomène est plus complexe ; tantôt sa silice augmente, tantôt au contraire c'est sa magnésie, et alors il prend une couleur verdâtre. Les diverses modifications qu'il présente alors dans sa composition chimique ont été étudiées par M. J. Lemberg (2) et nous en donnons ici le résumé :

Granite de Mitweida en Saxe.

A lithoïde et normal.	A_1 se désagrégeant en une arène argileuse. A_2 argileux et un peu plastique. A_3 silicifié et changé en une masse solide blanc jaunâtre.

(1) *Ann. Soc. géol. du Nord*, IV, 106.
(2) *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft.* XXVIII ; 596.

Granite de Schnöberg, près de Waldheim.

B normal.

B_1 décomposé en une masse brune, argileuse, avec débris.

B_2 silicifié et changé en une masse solide blanche. De même que pour A_3, l'eau qui a produit la silicification a entraîné la plus grande partie de l'argile.

Granite des environs de Mitweida.

C normal, gris, à grain fin.

C_1 décomposé et changé à sa surface, ainsi que le long des fissures, en une masse gris verdâtre ayant l'éclat gras.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme
A	68,17	16,34	2,32	0,89	0,55	6,66	3,41	0,96	99,30
A_1	68,49	14,71	2,76	0,54	0,95	5,75	0,94	5,80	99,94
A_2	73,43	10,51	3,09	0,53	1,16	2,32	0,13	7,79	98,96
A_3	88,60	5 57	0,90	0,20	0,34	1,04	0,19	2,66	99,50
B	76,12	13,42	1,28	0,34	0,19	4,89	3,10	1,06	100,40
B_1	75,89	11,61	1,57	0,23	0,54	4,32	0,24	3,77	98,17
B_2	91,65	4,24	0,43	0,10	»	1,14	0,11	1,49	99,16
C	71,05	14,65	2,83	0,72	1,03	4,11	2,86	0,85	98,10
C_1	68,74	11,23	6,77	0,53	3,26	4,13	0,36	4,97	99,99

On voit par ces analyses que quand un granite se décompose, la potasse est éliminée plus lentement que la soude et que la chaux.

Quand il subit une silicification, sa teneur en silice peut s'élever beaucoup, tandis que sa teneur en alumine tend à diminuer; car l'argile formée doit être successivement entraînée par les eaux qui produisent la silicification (A_3B_2).

Quand le granite, en se décomposant, prend une couleur verte, sa teneur en magnésie et en oxyde de fer augmente; de plus il peut arriver que la teneur en potasse ne diminue pas et tende même à augmenter (CC_1). Il est facile de s'en rendre compte en observant qu'il se produit alors une sorte de terre verte.

Nous rappelerons d'ailleurs que le granite, même lorsqu'il reste lithoïde et lorsqu'il n'est pas kaolinisé, peut aussi être imprégné de terre verte, particulièrement par un métamorphisme de contact (1).

(1) *Revue de géologie*, XIV, 193, 194.

Efflorescences de sulfate de magnésie.

HAUTES-ALPES. — Les roches argileuses, surtout lorsqu'elles sont pyriteuses, se couvrent fréquemment d'efflorescences salines; c'est notamment ce qui a lieu par les temps secs et chauds (1). Des efflorescences de ce genre, recueillies par M. Fargue, ingénieur en chef des Hautes-Alpes, à la surface de marnes liasiques, ayant une couleur bleu noirâtre, ont été analysées par M. L. Durand-Claye :

SO^3	MgO	CaO	Cl	HO et perte.	Somme.
31,15	15,45	4,15	0,10	49,15	100,00

On n'y a pas trouvé d'alcalis ni d'alumine. La proportion de chlore est extrêmement faible et, dans un autre essai, elle s'est élevée seulement à 0,60.

En résumé, les efflorescences formées sur les marnes du lias des Hautes-Alpes consistent en sulfate hydraté de magnésie avec un peu de gypse.

D'après M. E. W. Morley, des efflorescences composées de sulfate de magnésie avec du gypse se produisent également sur les schistes de l'île Goat, près la chute du Niagara.

Formation de sulfate et d'hydrosilicate de fer.

MUGRAU. — Le graphite de Mugrau, en Bohême, est encaissé dans un gneiss qui est décomposé à son contact, particulièrement au toit de l'exploitation; M. le professeur Schrauf (2) a constaté dans ce gisement l'existence d'un sulfate hydraté de fer (A) et d'un hydrosilicate de fer (B) dont il a fait les analyses et qu'il attribue à des décompositions.

	Densité	SiO^2	SO^3	Fe^2O^3	Al^2O^3	CaO	MgO	Alcalis.	HO	Somme.
A	1,812	»	38,96	25,96	»	»	»	»	35.07	99,99
B	»	42,93	»	28,91	3,19	3,35	2,84	traces	18,32	99,54

A présente des efflorescences ayant une belle couleur jaune orange et montrant au microscope des lamelles très-fines enchevêtrées; il provient d'une oxydation de la pyrite et se forme soit dans la mine, soit sur les haldes de graphite, surtout pendant les jours chauds de l'été. Sa composition est assez voisine de celle d'un produit analogue nommé *misy*; toutefois il contient plus

(1) *Revue de géologie*, X, 230; XII, 200; XIII, 221.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1877; 251.

d'eau et d'acide sulfurique et M. Schrauf le considère comme un composé spécial qu'il appelle *Ihleïte*, en l'honneur de M. l'ingénieur Ihle, directeur de la mine de Mugrau. En ne tenant pas compte du protoxyde de fer qui peut cependant s'élever à 2. p. 100, on peut le considérer comme un sulfate de sesquioxyde de fer dont la formule serait $Fe^2S^3O^{12}+12HO$.

B est un chloropal, ayant une couleur jaune citron, qui examiné sous le microscope, montre des lamelles contournées, irrégulières, translucides et faiblement biréfringentes. Il forme des lentilles dans le graphite, surtout près de son contact avec le gneiss encaissant. C'est un minéral très-hygroscopique, ce qui explique pourquoi sa teneur en eau varie de 10 à 26 p. 100. Sa composition chimique est à peu près celle de la Nontronite analysée d'abord par Berthier.

Métamorphisme spécial.

D'après M. Mantovani (1), les *argille scagliose* de l'Émilie, dont la position géologique a toujours paru si problématique, ne sont pas, à proprement parler, une formation métamorphique, mais représentent une sorte de tuf venu de la profondeur, à la manière des éruptions boueuses. Cette manière de voir serait confirmée : d'abord par les relations stratigraphiques de ces argiles avec les formations tertiaires, ensuite par la présence *fréquente* de blocs arrachés à des formations plus anciennes. Parmi ces blocs il s'en trouve qui appartiennent au lias, comme l'atteste un échantillon avec ammonites radians.

MONTS EUGANÉENS. — Les monts Euganéens, près de Padoue, présentent de nombreux filons de roches volcaniques, qui sont très-favorables à l'étude du métamorphisme de contact, car la roche encaissante y a souvent éprouvé une vitrification.

M. Édouard Reyer (2) signale spécialement des andésites et des dolérites qui ont durci et même vitrifié des marnes. Au contact du filon Pendise, des tufs ont pris la couleur noire jusqu'à un mètre de distance; et, plus près du filon, ils ont été agglomérés en une masse d'un noir foncé, présentant un éclat résineux et une cassure conchoïde.

Certains trachytes ou rhyolithes tertiaires ont aussi produit un

(1) *Neues Jahrb.*, 1877, 213.
(2) *Die Euganeen*, 1877.

métamorphisme énergique et le tuf de couleur claire qui les encaisse a été changé en une sorte de porcelanite blanche, sur une épaisseur de quelques centimètres.

Enfin, d'après M. le professeur Suess, le mont Sieve permet d'observer une roche volcanique basique, qui a fortement métamorphosé un tuf trachytique blanchâtre se trouvant à son contact. En effet, ce tuf a pris une couleur brune s'étendant à la distance de 3 mètres du contact. Jusqu'à $0^m,50$ du contact, il s'est fondu en un verre noir, empâtant des cristaux de feldspath; puis vient un verre brun auquel succède encore un tuf bruni.

On conçoit du reste que le métamorphisme de contact soit surtout fortement accusé dans les tufs trachytiques; car ils présentent une paroi poreuse et fusible dont la couleur blanchâtre permet de saisir facilement les moindres altérations; en outre ils peuvent aisément être imbibés par une roche volcanique en fusion ou bien imprégnés à distance par la vapeur d'eau et par toutes les matières soit liquides, soit volatiles qui accompagnent son éruption.

Schiste, porphyre, granite métamorphosés par les filons d'étain.

Bien que les gîtes d'étain du Cornouailles aient été étudiés à différentes reprises par de savants géologues, l'approfondissement des mines de cette région amène sans cesse la constatation de faits intéressants qui sont notés avec soin par les membres de la Société géologique du Cornouailles (1). Signalons particulièrement ceux qui mettent bien en relief le métamorphisme exercé par les filons d'étain sur le schiste (*Killas*), sur le porphyre (*Elvan*) et surtout sur le granite.

SAINT-AGNÈS. — Dans le district de Saint-Agnès, M. Le Neve Foster a décrit le métamorphisme du *Killas* dans la mine Penhall. Des fentes, mesurant $0^m,1$ à $0^m,4$ de puissance, se sont visiblement produites dans le *Killas* et, sur leurs parois, la stratification est souvent dérangée. En outre, ces parois ont été imprégnées par des dissolutions ou par des émanations métallifères, venues d'en bas, qui ont produit, de chaque côté du filon, la roche que le mineur du Cornouailles nomme *Capel*. Cette dernière, dont l'épaisseur peut dépasser $0^m,60$, se compose de *Killas* qui a été métamorphosé en un schiste doux au toucher; elle contient des masses compactes, formées de quartz avec tourmaline qui sont disposées dans le

(1) *Trans. of the Royal geol. Society of Cornwall*, 1877; IX.

sens de la stratification et qui ont aussi une origine métamorphique. Dans les fentes, il s'est déposé de l'étain oxydé (cassitérite), mais on en exploite également dans le *Capel* qui est traversé par des veinules lenticulaires de quartz accompagnées de cassitérite et de chlorite. Dans la même mine, la cassitérite peut être accompagnée par la pyrite de fer, la pyrite de cuivre, la blende, la bismuthine.

WHEAL JENNINGS. — Lorsque les filons d'étain traversent l'*elvan*, ce qui toutefois est assez exceptionnel, on observe encore un métamorphisme très-net à leur contact. C'est ce qui a été bien constaté par M. G. Seymour à la mine Wheal Jennings déjà mentionnée précédemment. L'*elvan* y est traversé par un grand nombre de petits filons de cassitérite, qui l'ont souvent imprégné de tourmaline et de minerai d'étain jusqu'à une certaine distance du contact; aussi l'*elvan* encaissant s'exploite-il très-avantageusement sous le nom d'étain gris (*grey tin*).

CLIGGA. — Au promontoire de Cligga, divers géologues ont déjà signalé le métamorphisme exercé par les filons d'étain sur le *granite*. M. Le Neve Foster décrit entre autres un filon de $0^m,08$ qui est encaissé dans un granite gris contenant des cristaux bien visibles d'orthose. A son contact et jusqu'à une distance de $0^m,10$, on observe une salebande de couleur foncée, qui est formée par du *greisen*, car l'orthose y a disparu et elle contient seulement du quartz et du mica. Souvent elle renferme aussi de la tourmaline et de l'oxyde d'étain.

Dans certains cas, l'orthose du granite a simplement été kaolinisé ou bien encore pseudomorphosé en chlorite. Le métamorphisme du *granite* en un *greisen* imprégné de minerai d'étain, peut facilement être constaté autour de Cligga; comme l'a montré M. Daubrée, il doit être attribué à des émanations fluorées et métallifères; c'est d'ailleurs la même cause qui a produit le pseudomorphisme de l'orthose en cassitérite.

En résumé, dans le Cornouailles, les filons d'étain ont produit un métamorphisme sur la roche encaissante. Ce métamorphisme dépend de la composition minéralogique de cette dernière roche, mais il dépend également de ses propriétés physiques, en sorte que l'on comprend pourquoi il diffère autant dans le schiste et dans le granite. Toutes choses égales, il devait surtout être énergique dans une roche schisteuse comme le *Killas* qui, présentant de nombreuses fissures et étant beaucoup moins compacte que le granite et l'*elvan*, pouvait se laisser facilement pénétrer par les émanations métallifères et fluorées venues de l'intérieur de la terre.

Métamorphisme général.

EKERN. — A l'ouest du lac Ekern, en Norwége, M. Brögger (1) a constaté qu'un schiste noir avec graphtolithes est bordé dans tous les sens par des cristaux de chiastolithe (mâcle, andalousite) ayant jusqu'à 1 centimètre de longueur. Ce schiste correspond à l'étage 3 de M. Kjerulf, c'est-à-dire au niveau de graphtolithes le plus ancien qui est recouvert par le calcaire à orthocères; au-dessous de lui, on trouve un autre schiste avec agnostus, puis un nouveau schiste avec chiastolithe, mais en cristaux plus petits que les précédents. Ce dernier paraît synchronique du schiste alunifère des environs de Christiania; car il repose, comme lui, sur le gneiss fondamental. Ainsi, de même que Salles de Rohan en Bretagne, Ekern offre un exemple d'un silicate qui a cristallisé dans un schiste contenant encore des fossiles reconnaissables.

DALÉCARLIE. — M. Törnebohm (2) a étudié au microscope un quartzite rougeâtre de Dalécarlie, afin de se rendre compte des conditions qui avaient présidé à sa formation. Il a reconnu que ce quartzite se compose de grains de quartz arrondis, réunis par un ciment quartzeux, incolore et limpide. Au microscope polarisant, on constate que le ciment se partage en autant de fractions qu'il y a de grains de quartz en contact avec lui, et chaque fraction s'éteint en même temps que le quartz voisin. Ainsi, dans l'acte de la solidification, le ciment a cristallisé en s'orientant comme les grains de quartz avoisinants, et ces derniers seraient même devenus méconnaissables sans la poussière rougeâtre qui est demeurée adhérente à leur surface.

C'est un fait analogue à celui que M. Michel Lévy a signalé pour les porphyres quartzifères, dans lesquels le quartz récent de la pâte s'oriente souvent comme les grains de quartz ancien qu'il entoure.

BRÉSIL. — En examinant les gisements de topaze actuellement exploités au Brésil, M. H. Gorceix (3) a constaté qu'ils forment une couche intercalée dans les micaschistes (talcschistes). Cette couche se trouve entre la Serra d'Ouro Branco et le massif d'Ouro Preto et sa direction est N. 20° O. magnétique.

(1) *Zeit. d. Deutschen geol. Gesellschaft*, 1876.
(2) *Neues Jahrb.*, 1877, 210.
(3) Lettre à M Delesse, 15 mars 1877.

La topaze est toujours accompagnée de quartz, qui peut même être complétement enveloppé par ses cristaux; toujours aussi elle est associée à de la lithomarge. Conformément aux recherches faites par M. Daubrée, M. Gorceix attribue la formation de la topaze à des dégagements fluorés qui auraient attaqué le micaschiste en produisant de la lithomarge et en même temps du quartz ainsi que de la topaze.

Roches feldspathiques métamorphiques.

Les roches felspathiques ont, dans certains cas, une origine métamorphique; il en est ainsi lorsqu'elles montrent encore la trace d'une stratificationet surtout lorsqu'elles renferment des débris reconnaissables d'animaux ou de végétaux.

En ce qui concerne les roches feldspathiques anorthosées, elles peuvent avoir une origine métamorphique, lorsqu'elles contiennent soit de la chlorite, soit de l'hornblende, soit même de l'augite. Ce sont alors des diabases ou des diorites ou bien des dolérites et des mélaphyres; mais, pour les distinguer spécialement, M. J. D. Dana propose de les appeler *métadiabases*, *métadiorites*, *métadolérites*, *métamélaphyres* (1).

On conçoit d'ailleurs qu'il doive exister également des roches métamorphiques, anorthosées et micacées, c'est-à-dire des *métakersantites*.

Endomorphisme.

Basalte dans le granite.

Gorlitz. — M. G. vom Rath (2) a décrit les modifications éprouvées par un filon de basalte à son contact avec le granite. A Gorlitz, le basalte normal formant le milieu du filon contient du péridot, de l'augite et du mica disséminés dans une pâte riche en néphéline; près du contact, au contraire, le basalte prend un éclat résineux, le péridot est transformé en serpentine, et la roche est parsemée d'une foule de cristaux de feldspath et de fragments de quartz empruntés au granite encaissant.

Basalte dans le calcaire.

Durham. — M. J. L. Bell (3) a examiné un basalte intercalé dans des calcaires, dans lesquels il forme un banc de 6 mètres d'épaisseur. Les échantillons analysés ont été pris respectivement : I au

(1) *American Journal of Science and Arts* [3], XIII, 159.
(2) *Neues Jahrb.*, 1876, 855.
(3) *Jahresbericht für Chemie für* 1875; 1255.

milieu du banc, II_a dans sa partie supérieure, II_b dans sa partie inférieure.

	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	CO^2	HO
I	51,90	15,46	12,87	13,80	4,02	1,21	0,48	1,02	»
II_a	43,22	17,44	13,03	6,26	2,86	1,28		14,72	1,46
II_b	40,62	18,18	14,00	4,37	3,94	0,78	0,33	13,23	2,36

A la partie supérieure, comme à la partie inférieure de ce banc de basalte, on trouve moins de silice, moins de magnésie et d'alcalis et surtout moins de chaux; d'un autre côté, il y a plus d'alumine, un peu plus d'oxyde de fer, plus d'eau et beaucoup plus d'acide carbonique.

Il ne nous paraît pas que l'excès d'acide carbonique, existant dans le haut et dans le bas du banc, doive être attribué aux couches calcaires encaissantes; car alors il est vraisemblable que ces dernières auraient en même temps fourni de la chaux et celle-ci est au contraire beaucoup moins abondante dans le haut et dans le bas du banc que dans son milieu.

Les différences dans la composition chimique de ce basalte sont d'ailleurs bien accusées et dans le même sens que celles obtenues le plus souvent dans l'analyse de roches trappéennes (1).

Basalte dans la serpentine.

SAXE. — Les filons des roches feldspathiques passent souvent à une eurite magnésienne près de leurs bords; c'est particulièrement ce qu'on observe d'une manière très-nette, lorsque, comme dans la Saxe, ils sont encaissés dans la Serpentine.

Les analyses suivantes de M. J. Lemberg (2) mettent bien ces passages en évidence :

I. Feldspath formant des filons dans la serpentine de Greifendorf; centre du filon.
II. Bords du même filon, au contact même de la serpentine.
I_a. Granite en filons dans la serpentine du Waldheim; centre du filon.
II_a. Pris à 0m,15 du bord; III_a à 0m,05; IV_a au contact de la serpentine encaissante.

(1) Delesse : *Etudes sur le métamorphisme des roches*, p. 410.
(2) *Jahresbericht für Chemie für* 1875; 1264. — *Zeitschrift geol. Ges.*, XXVII, 531.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
I	57,50	23,91	0,34	2,23	1,57	7,75	3,58	2,38	99.26
II	36,08	18,33	0,26	0,62	28,42	»	»	15,18	98,89
Ia	66,94	16,15	3,01	1,44	2,29	4,98	3,66	1,33	99,80
IIa	51,02	16,48	5,01	1,06	10 61	7,13	0,69	6,93	98,93
IIIa	47,58	14,66	6,90	1,02	12,86	5,73	0,59	9,09	98,43
IVa	37,86	12,13	8,44	0,98	22,67	»	»	16,30	98,38

On voit que ces filons de feldspath et de granite, encaissés dans la Serpentine, perdent leurs alcalis et une partie de leur silice ainsi que de leur alumine, à mesure qu'on s'approche des bords; ils prennent au contraire beaucoup d'eau et de magnésie : en définitive, ils passent à un hydrosilicate magnésien contenant de l'alumine et de l'oxyde de fer. Ces résultats viennent confirmer ceux qui ont été obtenus précédemment dans des recherches du même genre (1).

(1) Delesse : *Études sur le Métamorphisme des roches*, 441.

NOTE

SUR

LES GRILLES A BARREAUX TOURNANTS

(SYSTÈME E. SCHMITZ)

Par M. F. CLÉRAULT, ingénieur des mines.

L'emploi des combustibles solides sur les grilles ordinaires donne lieu à des pertes considérables; il n'est cependant pas toujours possible d'avoir recours aux procédés perfectionnés de la gazéification, et par suite l'amélioration des grilles présente une utilité incontestable. Diverses solutions ont été proposées; quelques-unes ont été essayées avec succès.

Depuis quelque temps, une des ingénieurs de la Compagnie parisienne du gaz, M. E. Schmitz, a substitué aux grilles ordinaires des grilles dites à *barreaux tournants*, dont la construction et le mode d'emploi méritent une mention spéciale (Pl. VI, *fig.* 1 à 12).

Le barreau employé par M. Schmitz est formé d'un cylindre creux en fonte, ouvert à ses extrémités et percé d'orifices disposés suivant des lignes en spirale; une double hélice saillante complète sa surface extérieure; l'extrémité antérieure du barreau présente une section intérieure hexagonale.

Les supports sont formés par des sommiers cylindriques creux transversaux sur lesquels les barreaux peuvent librement tourner, et, pour rendre impossible tout déplacement longitudinal, ces barreaux portent soit une rainure circulaire dans laquelle s'encastre une barre d'arrêt, soit un anneau saillant qui s'appuie contre la plaque de face du cendrier. Le

cendrier est fermé en sorte que l'air n'a d'accès que par l'intérieur des barreaux (Pl. VI, *fig.* 11 et 12).

Dans le foyer, les barreaux occupent toute la longueur et viennent presque au contact du fond; en avant ils sont en saillie devant la plaque de face.

Nous avons dit que la section intérieure de l'avant du barreau est hexagonale. Cette forme permet d'y introduire une sorte de clef au moyen de laquelle on peut donner au barreau un mouvement de rotation autour de son axe.

La grille, dans son ensemble, est constituée par une série de barreaux tournants placés parallèlement les uns aux autres: la distance entre les barreaux varie avec la nature du combustible employé.

La manœuvre de l'appareil est simple. Le combustible étant chargé, le chauffeur surveille son foyer en observant l'intérieur des barreaux; lorsqu'il s'aperçoit que les orifices donnant accès à l'air sont plus ou moins aveuglés, il fait tourner le barreau de 120° ($\frac{1}{3}$ de tour) (à ce mouvement on substitue quelquefois un mouvement complexe, 120° vers la droite, retour à la première position, 120° vers la droite), et l'on obtient ainsi un triple résultat :

1° Remplacer les orifices aveuglés par des orifices parfaitement nets;

2° Décrasser les orifices aveuglés et enlever les cendres et mâchefers désagrégés par la spire saillante;

3° Refroidir la partie du barreau portée à haute température.

Sans aller plus loin, on entrevoit déjà les avantages que peut présenter la grille Schmitz.

1° L'air est divisé en filets minces offrant de grandes surfaces de contact; ces filets sont de directions variées, en sorte qu'il se produit un véritable brassage des gaz.

2° La grille est constamment refroidie par le courant d'air qui traverse les barreaux, inversement l'air est réchauffé avant d'arriver au combustible.

3° L'enlèvement des mâchefers se produit par une manœuvre simple qui n'entraîne pas l'ouverture de la porte du foyer; une opération facile est substituée au travail pénible du décrassage.

4° Le diamètre des barreaux, leur espacement, le diamètre et l'espacement des orifices sont autant d'éléments que l'on peut faire varier pour arriver à fixer les conditions de la combustion pour une allure déterminée avec un combustible donné.

Premiers essais faits à la compagnie du gaz.

Les premiers essais ont été faits, en 1874, sur le foyer d'une chaudière à vapeur de 12 chevaux.

On employait, comme combustible, des agglomérés de poussier de coke contenant 25 à 30 p. 100 de cendre; on ne peut guère imaginer un combustible plus difficile à brûler sur une grille ordinaire. La grille se composait de barreaux tournants à orifices allongés (type 1, Pl. VI, *fig.* 1). Le combustible était chargé en morceaux de 1^k à $1^k,5$ et sur une hauteur de 0,43 au-dessus de l'axe des barreaux; la combustion était régulière, et malgré la grande quantité de cendres, on n'avait pas besoin de recourir à de grands décrassages, la rotation des barreaux suffisait à entraîner les mâchefers. Les résultats de cet essai ont été satisfaisants, et M. Schmitz les a résumés dans le tableau suivant :

ESSAI FAIT SUR DES BRIQUETTES de poussier de coke contenant plus de 25 p. 100 de cendres.	GRILLE ordinaire.	GRILLE à barreaux tournants.
	kilog.	kilog.
Eau vaporisée par kilog. de combustible.	4,678	5,563
Eau vaporisée par heure et par mètre carré de surface de chauffe.	6,467	6,477
Combustible brûlé par heure et par mètre carré de surface de grille.	33,220	27,923
Combustible brulé par heure et par mètre carré de surface de chauffe.	1,385	1,164

Il faut remarquer que la comparaison est faite ici avec un combustible tout à fait spécial brûlant très-difficilement sur les grilles ordinaires.

Différents types de barreaux tournants.

Le barreau tournant, tel qu'il a été défini ci-dessus, contient plusieurs éléments variables : diamètre du barreau; dimensions, forme et espacement des orifices, etc.... En ce qui concerne le diamètre, on avait, au début, songé à le faire varier et à avoir divers types de barreaux de diamètres différents. Après plusieurs essais, on est revenu, d'une manière presque générale, à un type unique, quant au diamètre. Le diamètre intérieur a été fixé à 125 millimètres et le diamètre extérieur à 175 millimètres. Il en a été de même de la forme des orifices; après avoir successivement essayé des orifices en forme de parallélogrammes allongés, des orifices carrés et des orifices circulaires, on s'est arrêté à cette dernière forme; cependant, comme dans certains cas les autres types peuvent être utilisés, ils méritent d'être mentionnés.

I. *Barreau à orifices en forme de parallélogrammes* (Pl. VI, *fig.* 1). — Ce type peut être défini : barreau lisse, orifices en forme de parallélogrammes allongés dans le sens de l'axe; il constitue le type primitif. Les orifices disposés en spirale sont déterminés par les éléments suivants :

		millim.
Largeur normale aux génératrices.		12
Espacement des orifices de bord à bord	normalement aux génératrices.	24
	suivant la génératrice. . .	33

Barreau à orifices carrés (Pl. VI, *fig.* 2). — Ce type peut être défini : barreau à hélice saillante, orifices carrés. En dehors de la forme des orifices, il se distingue du précédent par la présence d'une hélice qui fait saillie

sur la surface extérieure du barreau entre les spirales des orifices et de deux en deux; ceux de ces barreaux qui ont été étudiés pour les combustions lentes présentent les éléments suivants :

		millim.
Côté du carré formant l'orifice.		27
Espacement des centres des orifices	normalement aux génératrices.	46
	parallèlement aux génératrices.	48

Les angles des orifices sont remplacés par des arcs de cercle.

Barreau à orifices circulaires (Pl. VI, *fig.* 3). — Ce type peut être défini : barreau à hélice saillante, orifices circulaires. Ce type est le dernier et presque le seul en usage aujourd'hui, il présente la même disposition générale que le type 2, sauf que les orifices sont de forme circulaire avec un diamètre de 30 millimètres. Des variétés sont obtenues suivant la combustion à réaliser, en modifiant, non pas le diamètre, mais les espacements des orifices. On obtient ainsi les trois variétés résumées au tableau suivant :

		TYPE A^1 pour combustion vive.	TYPE A^2 pour combustion normale.	TYPE A^3 pour combustion lente.
Rayon des orifices.		15	15	15
Espacement des orifices, de centre à centre	suivant les génératrices.	33	41	48
	normalement aux génératrices.	33	41	48
Nombre de rangs rectilignes d'orifices.		18	16	12
Proportion pour 100 de surface totale du développement	des pleins.	66 %	75 %	84 %
	des vides.	34 %	25 %	16 %

Les développements des surfaces extérieures des barreaux de ces trois types sont figurés à la Pl. VI, type A^1, *fig.* 4; type A^2, *fig.* 5; type A^3, *fig.* 6.

Les longueurs employées sont :

LONGUEURS	
totales.	utiles.
1,20	0,75
1,35	0,91
1,51	1,07
1,64	1,20
1,78	1,34
1,92	1,48
2,06	1,62
2,20	1,76

Dispositions diverses de grilles à barreaux tournants dans les foyers.

1[er] *Exemple. Compagnie parisienne du gaz; générateur de* 16 *chevaux* (Pl. VI, *fig.* 7 et 8).—Le générateur en question est cylindrique horizontal à bouilleurs. Il a un volume total de 7,962 litres et présente une surface de chauffe de $25^{m^2},76$. Il était autrefois chauffé au moyen d'un foyer muni d'une grille ordinaire. Aujourd'hui il a reçu une grille composée de quatre barreaux tournants du type A² pour combustion normale. Les dimensions comparées de ces appareils sont indiquées au tableau suivant :

		ANCIENNE grille.	GRILLE à barreaux tournants.
Foyer.	Largeur.	1,35	1,24
	Largeur.	0,80	0,83
	Surface.	1,08	1,03
Grille.	Pleins.	0,85	0,41
	Vides.	0,23	0,62
	Surface.	1,08	1,03

La légende suivante complète les dessins :

A². Barreaux tournants (du type A², *fig.* 5, Pl. VI).
D. Sommiers d'appui sur lesquels tournent les barreaux.
C. Caisson.
T. Tympe.
E. Panneau extérieur.
F. Gorge d'encastrement pour empêcher la translation du barreau.
P. Porte du foyer.
O. Chassis supérieur.

Q. Bâche remplie d'eau.
R. Cendrier hermétiquement fermé par une plaque en tôle ajustée sur sa façade.
F. Évasement ménagé à l'arrière des barreaux pour éviter les obstructions que produiraient en ce point les mâchefers entraînés par la rotation continue des hélices saillantes.

Le combustible employé est la briquette de poussier de coke. On le brûle sur une hauteur de 0,35 mesurée à partir de l'axe des barreaux, ce qui correspond à une hauteur de 0,27 ou 0,28 mesurée à partir de leur surface supérieure.

2me *Exemple. Compagnie parisienne du gaz; générateur de* 50 *chevaux* (Pl. VI, *fig.* 9 et 10). — Le générateur en question est double horizontal cylindrique à bouilleurs; il a une surface de chauffe de 75 mètres carrés.

Ce générateur a reçu une grille composée de sept barreaux tournants du type A² pour combustion normale. Les dimensions sont le suivantes :

Foyer.	Longueur	1,80
	Largeur	1,41
	Surface	2,55
Grille.	Pleins	1,78
	Vides	1,09
	Surface	2,55

La légende suivante complète les dessins.

A² Barreaux tournants du type A² (*fig.* 5, Pl. VI).
D. Trois sommiers d'appuis sur lesquels tournent les barreaux.
C. Caisson.
T. Tympe.
E. Panneau extérieur.
F. Gorge d'encastrement pour empêcher la translation du barreau.
S. Barre d'arrêt.
P. Porte du foyer.
O. Châssis supérieur.
Q. Bâche remplie d'eau.
R. Cendrier hermétiquement fermé par une plaque en tôle ajustée sur sa façade.
G. Évasement (comme dans le premier exemple).

Le combustible employé est la briquette de poussier de coke. On le brûle sur une hauteur de 0,35, mesurée à partir de l'axe des barreaux, ce qui correspond à une hauteur de 0,27 ou 0,28, mesurée à partir de leur surface supérieure.

3me *Exemple. Disposition d'un four à puddler.* — La disposition de la grille à barreaux tournants dans un four à puddler est indiquée aux *fig.* 11 et 12 de la Pl. VI. La légende suivante complète le dessin.

A^3 Barreau tournant du type A^3. (Voir *fig.* 6, Pl. VI.)
D. Deux sommiers d'appui sur lesquels tournent les barreaux.
K. Barre d'arrêt.
R. Cendrier hermétiquement fermé par une plaque en tôle ajustée à sa façade.
C. Caisson.
T. Tympe.
E. Panneau extérieur.
F. Gorge dans laquelle s'encastre la barre d'arrêt.
J. Arrière évidé à l'extrémité des barreaux.
G. Tôle fermant le cendrier.
Q. Fond du cendrier plein d'eau.

4me *Exemple.* — Avec des dispositions analogues, on emploie la grille à barreaux tournants pour des fours divers. Par exemple, la Société centrale de constructions mécaniques de Pantin (Seine) a monté une semblable grille au commencement de 1877 sur un four à réchauffer. D'après les renseignements qui nous ont été donnés par l'administrateur délégué, M. Weyher, la grille Schmitz ainsi appliquée et sur laquelle on brûle du charbon tout-venant d'Anzin (fosse de Denain), a donné de très-bons résultats se résumant comme suit : aucune chute d'escarbilles incandescentes, conduite du feu beaucoup plus facile qu'avec la grille ordinaire, économie qui doit être notable, possibilité de brûler des menus.

Les exemples précédents suffisent pour montrer comment les grilles à barreaux tournants peuvent s'adapter aux foyers les plus variés. Il a paru inutile de citer un plus grand nombre de cas.

Observations sur la manœuvre des grilles à barreaux tournants. — La manœuvre des grilles disposées comme il a été dit ci-dessus est simple ; en général elle consiste uniquement en une rotation de 120° ($\frac{1}{3}$ de tour) pour chaque barreau ; cette rotation se fait à des intervalles de temps variables suivant l'allure de la combustion, la nature du

combustible, l'appel d'air, etc. Ces intervalles doivent être assez courts pour que les orifices supérieures ne s'aveuglent pas. On apprécie le moment voulu en regardant par l'intérieur du barreau. Les intervalles ne doivent pas non plus être trop courts, sinon, avec certains combustibles, le feu prendrait une activité telle, que la grille serait fondue. Lorsque le chauffeur a, par un tâtonnement préalable, reconnu qu'il doit avoir recours à une manœuvre toutes les 45 minutes par exemple, il doit maintenir son foyer en bon état par la répétition de la manœuvre à intervalle régulier. Cette régularité est telle que, dans certains cas, nous avons vu des barreaux portant une marque sur un des côtés de l'hexagone terminal et qu'on retournait de 180° à l'heure et à la $\frac{1}{2}$ par exemple, en sorte que la position de la marque, à une heure donnée, servait de contrôle au chef de service.

Avec certains combustibles, les chauffeurs trouvent plus avantageux de secouer un peu leur feu en tournant les barreaux alternativement à droite et à gauche une ou deux fois avant de les fixer à la position définitive; on obtient ainsi, dans certains cas, un feu un peu plus clair, l'hélice saillante enlevant plus complétement les mâchefers collés au combustible. Le contraire a lieu avec d'autres combustibles, par exemple avec le coke. Ici le chauffeur doit éviter de trop remuer ses barreaux s'il ne veut pas avoir un feu trop actif, quelques chauffeurs vont même jusqu'à ajouter un peu de mâchefer pour protéger les barreaux.

Enfin, lorsque les foyers marchent nuit et jour, on a quelquefois recours à un décrassage ou un demi-décrassage par 24 heures en sus de la rotation des barreaux; mais cela n'a lieu qu'avec des combustibles très-chargés de cendres (25 à 30 p. 100).

Un fait général qui nous a été affirmé par tous les chauffeurs et que nous avons vérifié, c'est que jamais les orifices ne se bouchent, chaque trou fait une sorte de *buse* autour de laquelle le mâchefer fait *nez*, sans jamais la bou-

cher; le courant d'air passant par ces orifices empêche même le combustible de tomber dans l'intérieur des barreaux qui est toujours vide.

Comme toutes les grilles, les grilles Schmitz sont sujettes à des accidents, et il n'est pas inutile d'indiquer comment elles périssent. Grâce à leur forme et au courant d'air qui les traverse, les barreaux sont en général maintenus à une température peu élevée, l'extrémité restant au-dessous de 100°; mais il arrive quelquefois que, par suite d'oubli, les mâchefers s'accumulent et qu'en tournant le chauffeur les refoule vers le fond du foyer à cause de la forme même de l'hélice saillante, ils s'engagent alors entre l'arrière du barreau et le fond du foyer; si l'on continue à tourner, et si en même temps le barreau rougit vers le milieu, il se comprime longitudinalement et se renfle en forme de fuseau, les hélices viennent à se toucher vers le milieu et le barreau se rompt. Ce cas se présente; c'est la principale cause de perte des barreaux. Mais, en général, leur durée doit être longue, et nous avons vu des grilles qui étaient en service depuis une année sans qu'aucun barreau eût été remplacé.

En résumé (*), la grille à barreaux tournants de M. Ev. Schmitz peut s'installer facilement et à peu de frais dans les foyers des générateurs à vapeur et des fours métallurgiques. Elle est d'une construction simple et solide et paraît présenter divers avantages dont les deux principaux sont les suivants : 1° elle exige du chauffeur un travail beaucoup moins pénible que la grille ordinaire; 2° elle permet, dans la plupart des cas, de fixer très-exactement, avec un combustible donné, l'allure de la combustion.

Paris, avril 1877.

(*) *Une note ultérieure indiquera les résultats obtenus par les expériences qui se poursuivent dans les usines de la compagnie du gaz sur l'emploi des grilles à barreaux tournants avec différentes espèces de combustible.*

BULLETIN.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA FRANCE.

PRODUCTION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX, DES FONTES, DES FERS, DES TÔLES ET DES ACIERS PENDANT L'ANNÉE 1877 (*).

I. COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

Tableau de la production par département.

DÉPARTEMENTS.	PRODUITS DES EXPLOITATIONS distingués en deux catégories.			ANNÉE 1876.
	Honille et anthracite.	Lignite.	Totaux.	
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Ain	»	900	900	996
Allier	919.541	»	919.541	965.021
Alpes (Basses-)	»	39.229	39.229	44.569
Alpes (Hautes-)	8.000	»	8.000	7.484
Ardèche	11.470	302	11.772	15.702
Aude	»	437	437	475
Aveyron	695.294	5.348	700.642	723.160
Bouches-du-Rhône	»	374.485	374.485	364.328
Calvados	10.146	»	10.146	11.903
Cantal	1.888	»	1.888	2.195
Corrèze	4.750	»	4.750	4.044
Côte-d'Or	7.641	»	7.641	1.000
Creuse	170.138	»	170.138	219.302
Dordogne	»	622	622	688
Drôme	»	345	315	350
Gard	1.774.302	18.238	1.792.540	1.572.118
Hérault	265.572	918	266.490	278.344
Isère	101.860	1.900	103.760	112.146
Landes	»	210	210	151
Loire	3.308.796	»	3.308.796	3.519.544
Loire (Haute-)	189.599	»	189.599	180.882
Loire-Inférieure	26.595	»	26.595	21.457
Lot	1.208	»	1.208	1.249
Maine-et-Loire	39.198	»	39.198	44.357
Mayenne	89.585	»	89.585	103.079
Nièvre	169.065	»	169.065	162.643
Nord	3.218.317	»	3.218.347	3.388.833
Pas-de-Calais	3.435.128	»	3.435.128	3.321.200
Puy-de-Dôme	201.875	»	201.875	216.287
A reporter	14.649.998	442.934	15.092.932	15.286.507

(*) Ces tableaux sont tirés des états qui ont été publiés, par ordre de M. le Ministre des Travaux publics, au *Journal officiel* (numéro du 7 avril 1878) et qui sont dressés à l'aide des *états* SEMESTRIELS fournis par les Ingénieurs des Mines. Tous les chiffres inscrits sur les tableaux, pour 1877, sont provisoires. Le dépouillement des *états* ANNUELS a permis d'y joindre la statistique *définitive* de la production des combustibles minéraux, en 1876, dont la statistique *provisoire* se trouve dans le tome I[er] de 1877 (p. 550).

Tableau de la production par département (suite).

DÉPARTEMENTS.	PRODUITS DES EXPLOITATIONS distingués en deux catégories.			ANNÉE 1876.
	Houille et anthracite.	Lignite.	Totaux.	
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Report.	14.649.998	442.934	15.092.932	15.286.507
Pyrénées (Basses-).	180	»	180	208
Pyrénées (Hautes-).	»	900	900	685
Pyrénées-Orientales.	»	60	60	»
Rhône.	31.905	»	31.905	32.731
Saône (Haute-).	168.731	9.145	177.876	209.833
Saône-et-Loire.	1.168.844	»	1.168.844	1.194.596
Sarthe.	20.698	»	20.698	24.272
Savoie.	21.002	»	21.002	24.178
Savoie (Haute-).	100	4.781	4.881	5.298
Sèvres (Deux-).	22.167	»	22.167	20.075
Tarn.	281.500	»	281.500	257.170
Var.	25.000	6.700	31.700	12.300
Vaucluse.	»	8.776	8.776	7.988
Vendée.	23.510	»	23.510	24.876
Vosges.	»	2.270	2.270	2.483
Totaux.	16.413.635	475.566	16.889.201	17.101.734

Tableau de la production par bassin.

NOMS DES BASSINS.	NOMS des départements dans lesquels les bassins sont situés.	PRODUCTION.	ANNÉE 1876.
	1. — Houille et anthracite.	tonnes.	tonnes.
Valenciennes.	Nord. Pas-de-Calais.	6.563.824	6.618.760
Loire.	Loire. Rhône.	3.302.292	3.514.358
Alais.	Ardèche. Gard.	1.774.166	1.559.198
Creusot et Blanzy.	Saône-et-Loire.	1.001.805	1.021.698
Commentry.	Allier.	843.849	882.108
Aubin.	Aveyron.	682.947	705.818
Carmaux.	Tarn.	281.500	257.170
Graissessac.	Hérault.	263.808	275.944
Brassac.	Loire (Haute-). Puy-de-Dôme.	199.887	207.166
Decize.	Nièvre.	169.065	162.643
Ronchamp.	Saône (Haute-).	168.731	199.645
Ahun.	Creuse.	167.950	215.114
Saint-Eloy.	Puy-de-Dôme.	159.714	170.064
Epinac.	Saône-et-Loire.	142.384	147.053
Le Maine.	Mayenne. Sarthe.	107.043	123.906
Le Drac.	Isère.	100.810	106.673
Hardinghem.	Pas-de-Calais.	87.651	94.273
Basse-Loire.	Loire-Inférieure. Maine-et-Loire.	65.793	65.814
Vouvant et Chantonnay.	Sèvres (Deux-). Vendée.	45.677	44.951
Buxière-la-Grue.	Allier.	40.486	43.497
Bert.		35.206	39.358
	A reporter.	16.206.588	16.454.536

Tableau de la production par bassin (suite).

NOMS DES BASSINS.	NOMS des départements dans lesquels les bassins sont situés.	PRODUCTION.	ANNÉE 1876.
		tonnes.	tonnes.
	Report.	16.206.588	16.454.585
Sainte-Foy-l'Argentière. .	Rhône.	31.905	32.731
Langeac.	Loire (Haute-).	29.009	17.160
Maurienne-Tarentaise et Briançon.	Alpes (Hautes-). . . . Savoie.	29.002	32.362
Fréjus.	Var.	25.000	8.626
La Chapelle-sous-Dun. .	Saône-et-Loire. . . .	24.655	26.205
Rodez.	Aveyron.	12.347	13.037
Littry.	Calvados.	10.146	11.908
Sincey.	Côte-d'Or.	7.190	»
Aubenas.	Ardèche.	6.606	11.447
Roanne.	Loire.	6.504	5.206
Le Vigan.	Gard.	5.000	1.824
Saint-Pierre-la-Cour. . .	Mayenne.	3.240	3.445
Terrasson.	Corrèze. . . . . Dordogne.	3.070	2.480
Bourg-Lastic.	Puy-de-Dôme.	2.864	2.779
Bourganeuf.	Creuse.	2.188	4.188
Champagnac.	Cantal.	1.888	2.195
Roujan.	Hérault.	1.764	1.400
Saint-Perdoux.	Lot.	1.208	1.240
Autres bassins (8 en 1877, 7 en 1876).	Corrèze. . . . . Côte-d'Or. . . . . . . Isère. . . . . Pyrénées (Basses-). . Saône-et-Loire. . . . Savoie (Haute-). . . .	3.461	6.407
	Totaux pour les houilles.	16.413.635	16.639.199
	II. — Lignite.		
Aix.	Bouches-du-Rhône. . Var.	378.085	366.128
Manosque.	Alpes (Basses-). . . . Vaucluse.	39.229	41.969
Bagnols.	Gard.	13.448	10.648
Gouhenans.	Saône (Haute-). . . .	9.145	10.178
Orange.	Vaucluse.	7.618	6.651
Millau.	Aveyron.	5.348	4.305
Entrevernes.	Savoie (Haute-). . .	4.781	5.299
La Cadière.	Var.	3.100	2.774
Barjac.	Gard.	2.695	2.365
Norroy.	Vosges.	2.270	2.482
La Tour-du-Pin.	Isère.	1.900	2.149
Célas.	Gard.	1.800	2.100
La Caunette.	Aude. . . . . Hérault	1.355	1.478
Méthamis.	Vaucluse.	1.158	1.337
Autres bassins (8 en 1877, 6 en 1876).	Ain. . . . . Ardèche. . . . . Dordogne. . . . . . . Drôme. . . . . Gard. . . . . Landes. . . . . Pyrénées (Hautes-). Pyrénées-Orientales.	3.634	3.138
	Totaux pour les lignites.	475.566	465.595
	Totaux généraux.	16.889.201	17.104.794

II. INDUSTRIE SIDÉRURGIQUE.

Tableau de la production des fontes.

DÉPARTEMENTS.	FONTE au coke.	FONTE au bois.	FONTE mixte.	PRODUCTION totale.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Allier	104.804	»	»	104.804
Ardèche	113.725	»	»	113.725
Ardennes	13.002	1.901	»	14.903
Ariége	11.585	»	1.410	12.995
Aude	293	»	»	293
Aveyron	28.137	»	»	28.137
Bouches-du-Rhône	23.546	»	»	23.546
Cher	16.255	7.580	11.500	35.335
Corse	»	4.700	»	4.700
Côte-d'Or	3.631	»	»	3.631
Côtes-du-Nord	»	1.829	»	1.829
Dordogne	»	2.800	»	2.800
Doubs	»	2.325	»	2.325
Eure	4.494	»	»	4.494
Gard	82.978	»	»	82.978
Gironde	»	2.935	»	2.935
Ille-et-Vilaine	»	1.736	»	1.736
Indre	»	3.930	»	3.930
Isère	19.386	1.267	»	20.653
Jura	14.377	»	»	14.377
Landes	»	13.900	»	13.900
Loire	47.159	»	»	47.159
Loire-Inférieure	5.740	50	»	5.790
Lot-et-Garonne	12.100	430	»	12.530
Marne	3.126	»	»	3.126
Marne (Haute-)	21.869	18.741	45.519	86.129
Mayenne	»	»	2.066	2.066
Meurthe-et-Moselle	383.475	2.188	»	385.663
Meuse	10.597	3.082	»	13.679
Morbihan	»	1.985	»	1.985
Nord	174.448	»	»	174.448
Pas-de-Calais	54.040	»	»	54.040
Pyrénées-Orientales	»	8.537	»	8.537
Rhône	61.797	»	»	61.797
Saône (Haute-)	»	9.200	»	9.200
Saône-et-Loire	156.904	»	»	156.904
Sarthe	»	»	906	906
Tarn-et-Garonne	2.401	»	1.880	4.281
Totaux	1.369.869	89.116	63.281	1.522.366

Tableau de la production des fers.

DÉPARTEMENTS.	FER au combustible minéral.		FER affiné et réchauffé		PRODUCTION totale.
	Rails.	Fers autres que les rails.	au combustible végétal.	à l'aide des deux combustibles.	
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Allier	1.381	22.048	»	2.969	26.398
Ardennes	»	37.065	2.348	658	40.071
Ariége	»	8.390	250	400	9.040
Aube	»	2.480	»	1.775	4.255
Aveyron	31.072	9 018	»	»	40.090
Bouches-du-Rhône	»	1.098	»	»	1.098
Charente	»	150	330	»	480
Cher	»	1.900	»	1.450	3.350
Corse	»	»	1.000	»	1.000
Côte-d'Or	»	11.700	2.127	240	14.067
Côtes du Nord	»	2.186	»	»	2.186
Dordogne	»	1.830	1.760	1.352	4.942
Doubs	»	300	2.930	»	3.230
Finistère	»	400	»	»	400
Gard	1.583	21.858	»	»	23.441
Garonne (Haute-)	»	900	»	»	900
Gironde	»	»	650	»	650
Ille-et-Vilaine	»	»	115	»	115
Indre	»	»	922	»	922
Isère	554	6.565	110	817	8.046
Jura	598	9.298	»	»	9.896
Landes	»	»	680	2.070	2.750
Loir-et-Cher	»	»	195	»	195
Loire	851	55.685	»	»	56.536
Loire-Inférieure	»	6.350	»	»	6.350
Lot-et-Garonne	»	»	55	»	55
Marne (Haute-)	»	72.504	»	1.304	73.808
Mayenne	»	»	3	»	3
Meurthe-et-Moselle	»	45.972	1.816	548	48.336
Meuse	»	16.186	»	»	16.186
Nièvre	4.064	17.051	»	1.345	22.460
Nord	10.976	194.664	»	»	205.640
Oise	»	18.697	»	»	18.697
Orne	»	100	»	»	100
Pas-de-Calais	»	400	»	»	400
Pyrénées (Basses-)	»	»	306	»	306
Pyrénées-Orientales	»	»	481	»	481
Rhin (Haut-)	»	»	770	1.900	2.670
Saône (Haute-)	»	»	700	600	1.300
Saône-et-Loire	9.241	43.946	»	»	53.187
Sarthe	»	»	98	»	98
Savoie	»	141	102	»	243
Savoie (Haute-)	»	290	98	93	481
Seine	»	22.076	»	»	22 076
Seine-et-Oise	»	1.367	»	»	1.367
Somme	»	1.545	»	»	1.545
Tarn	31	489	»	24	544
Tarn-et-Garonne	»	2.980	275	»	3.255
Vienne	»	»	158	»	158
Vienne (Haute-)	»	»	1.140	»	1.140
Vosges	»	50	1.673	»	1.723
Yonne	»	10.740	18	12	10.770
Totaux	60.351	648.419	21.110	17.557	747.437

Tableau de la production des tôles de fer.

DÉPARTEMENTS.	TÔLE fabriquée avec du fer			PRODUCTION totale.
	au coke.	au bois.	mixte.	
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Aisne	795	»	»	795
Allier	6.576	»	»	6.576
Ardennes	13.128	3.272	1.992	18.392
Aveyron	1.390	»	»	1.390
Côte-d'Or	400	150	»	550
Doubs	890	2.219	»	3.109
Garonne (Haute-)	»	150	150	300
Isère	1.181	90	127	1.398
Jura	7.589	»	1.237	8.826
Loire	15.143	»	»	15.143
Marne (Haute-)	5.215	52	»	5.267
Meurthe-et-Moselle	1.400	»	»	1.400
Meuse	»	124	116	240
Morbihan	1.570	2.776	»	4.346
Nièvre	»	»	1.394	1.394
Nord	24.674	»	»	24.674
Oise	7.955	1.611	3.541	13.107
Saône (Haute-)	»	775	»	775
Saône-et-Loire	13.554	405	2.019	15.978
Savoie (Haute-)	286	73	»	359
Vosges	370	972	»	1.342
Totaux	102.116	12.669	10.576	125.[illegible]

Tableau de la production des aciers.

DÉPARTEMENTS.	ACIER FONDU au foyer Bessemer ou au réverbère (Siemens, Martin, etc.)		ACIER puddlé ou de forge.	ACIER cémenté.	ACIER fondu au creuset.	TÔLE d'acier.
	Rails.	Aciers divers.				
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Allier	15.500	2.020	161	»	»	144
Ardennes	»	»	»	86	355	»
Ariége	»	»	1.809	»	23	»
Charente	»	670	»	»	29	»
Côtes-du-Nord	»	»	13	8	7	»
Gard	20.116	9.500	»	»	»	»
Garonne (Haute-)	»	»	»	135	»	»
Isère	»	1.530	4.120	130	144	»
Loire	61.195	7.945	8 057	1.662	5.751	5.347
Meurthe-et-Moselle	»	»	1.129	»	»	»
Nièvre	7.347	2.662	249	»	139	694
Nord	28.452	1.277	»	»	»	955
Saône-et-Loire	41.166	4.738	»	»	»	6.851
Seine	»	»	»	»	31	»
Tarn	»	»	»	135	373	»
Vosges	»	5	»	»	»	»
Totaux	173.776	30.347	15.538	2.156	6.843	13.286

APERÇU DE LA SITUATION DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE L'ANGLETERRE

D'APRÈS LES DOCUMENTS OFFICIELS

Par M. O. KELLER, ingénieur des mines.

Les tableaux statistiques dressés par M. Robert Hunt, conservateur des documents miniers (*), en Angleterre (*Keeper of mining Records*), et par ses deux *assistants*, MM. Meade et Jordan, tableaux qui ont été publiés, pour 1876, dès le mois de septembre 1877, permettent d'apprécier la situation de chacune des branches de l'importante industrie des mines dans le Royaume-Uni de la Grande-Bretagne et de l'Irlande.

Les renseignements recueillis pour cette publication émanent des sources les plus variées. Les documents parlementaires, ceux du *Board of Trade*, les renseignements fournis directement par les maîtres de forge et les fondeurs, par les compagnies de chemins de fer, par la douane, les résultats des enchères publiques pour la vente des minerais, etc., fournissent leur contingent à la statistique. Toutefois les données les plus nombreuses et les plus détaillées sont envoyées par les inspecteurs des mines, institués en conformité des deux actes de 1872, portant réglementation, l'un des mines de charbon, l'autre des mines métallifères.

L'inspection est divisée, pour les mines de charbon, en douze arrondissements comprenant chacun un inspecteur, un inspecteur adjoint et un secrétaire (*secretary to board of examination*); et, pour les mines métallifères, en douze autres arrondissements, dont dix comprennent un inspecteur et un inspecteur adjoint et deux (provisoirement sans doute) un inspecteur seulement. Ce personnel de 58 ingénieurs, aidé par un certain nombre d'employés, dresse les tableaux relatifs à la production des mines, d'après les déclarations que les exploitants sont tenus de leur envoyer pour le 1er février de chaque année, aux termes d'un acte additionnel du Parlement. Il transmet directement ceux qui concernent

---

(*) Ces documents comprennent les plans et coupes de la plupart des mines de l'Angleterre.

les mines métallifères au *Mining Record Office*, et les autres au secrétaire d'État au département de l'intérieur, qui les communique sans retard au même *Office*. Celui-ci reçoit en même temps de nombreux renseignements de la complaisance des usiniers, avec lesquels il est en correspondance directe. On supplée aux déclarations qui manquent par des estimations, souvent très-larges, et l'on s'empresse de publier les documents, sans les accompagner d'aucun commentaire. La préoccupation principale est de hâter l'époque de la publication. Dans une courte lettre servant d'introduction au dernier volume paru, M. Andrew C. Ramsay, directeur général, exprime sa satisfaction de voir que M. Robert Hunt a pu achever son travail à peu près à la même époque que l'année dernière, et manifeste l'espoir que la statistique de l'industrie minérale pourra paraître l'année prochaine, à la fin de juin, grâce à de nouvelles dispositions. Tout est combiné pour arriver à ce résultat; il s'agit, en effet, de répandre dans le public des données statistiques, plus ou moins concordantes, plus ou moins complètes, qui présenteront toujours un très-grand intérêt, à cause de leur actualité. Le volume, il faut le remarquer, est mis en vente (pour le prix très-modique de 2 *shillings*) chez les principaux libraires. Il n'en conserve pas moins le caractère d'une publication officielle, exécutée « par ordre des lords commissaires du trésor de Sa Majesté ».

COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

L'Angleterre a produit, en 1876, le chiffre colossal de 135.344.937 tonnes de charbon, représentant une valeur de 1.177 millions de francs. Elle laisse loin derrière elle tous les autres pays du monde, l'Allemagne dont la production est d'environ 45 millions de tonnes, les États-Unis (41 millions), la France (17 millions), la Belgique (15 millions). D'après les inspecteurs des mines (car le chiffre ci-dessus, qui paraît avoir été préféré, ressort de l'ensemble des renseignements reçus par le *Mining Record Office*), la production se serait même élevée à 136.137.043 tonnes(*).

(*) Les mesures anglaises ont été converties en mesures françaises sur le pied de 1.015 kilog. par *ton*. 50k,750 par quintal (*cwt*). Ces bases de conversion, très-peu différentes de celles indiquées dans *l'Annuaire du bureau des longitudes*, ont été fournies par M. R. Hunt lui-même dans les *Mineral Statistics* pour 1875, p. 11 et 12. Lorsqu'il s'agit des minerais métalliques, le poids de la tonne anglaise est tantôt de 20, tantôt de 21 quintaux, dans le commerce. Mais il n'est généralement fait usage, dans la statistique officielle,

En voici le résumé, en groupant les chiffres :

RÉGIONS PRODUCTIVES.	NOMBRE DES MINES en activité.	PRODUITS.
		tonnes.
Durham Sud	185	19.702.290
Ecosse	566	18.945.536
Lancashire	559	17.650.850
Yorkshire	562	15.281.104
Galles	528	14.393.295
Staffordshire et Worcestershire	587	14.370.994
Durham Nord et Northumberland	183	12.769.207
Derbyshire	261	7.102.873
Montmouthshire	134	4.567.485
Nottinghamshire	48	3.466.326
8 autres comtés	334	7.018.127
Irlande	55	126.810
Total	4.002	135.344.937

Il n'existe pas de mines de lignite.

On remarquera que le nombre des mines de chaque région est fort loin d'être en rapport avec l'importance de la production. En moyenne générale, celle-ci a été d'environ 33.800 tonnes par mine, en 1876. Elle s'est élevée, par mine, à 106.500 tonnes dans le Durham Sud, tandis qu'elle n'a pas dépassé 2.300 tonnes en Irlande.

La production totale des combustibles minéraux, en Angleterre, a été de 133.845.111 tonnes, en 1875. Il y a donc eu, dans le courant de 1876, un accroissement de près de 1.500.000 tonnes, auquel ont contribué la plupart des comtés, et surtout le Montmouthshire, qui a produit, en 1876, 988.620 tonnes de plus que l'année précédente, avec 43 mines de plus en activité.

Dix ans auparavant, en 1866, les houillères anglaises produisaient 108.419.463 tonnes, de sorte que l'accroissement annuel moyen, pendant cette période de temps, a été de plus de 2 millions et demi de tonnes (2.692.547).

L'extraction du charbon s'était accrue de 59 p. 100 de 1855 à 1865. Elle ne pouvait conserver une marche aussi rapide. Ses progrès continuent, mais avec plus de modération.

Le ralentissement est digne de remarque pour 1876. C'est qu'en

que de la tonne légale, *English Statute ton* de 20 *cwt* ou 1.015 kilog. Les inspecteurs des mines n'emploient pas d'autre mesure dans leurs rapports. L'once (pour les métaux précieux) a été comptée pour 31gr,1 ; la livre sterling pour 25f,22.

effet, la consommation est restée stationnaire et même a un peu diminué.

En effet, la quantité de charbon exportée à l'étranger n'a cessé de s'accroître. Elle s'est élevée, en 1876, à 16.543.563 tonnes, savoir :

	Tonnes.	Valeur déclarée.
Houille.	15.925.758	213.710.522
Coke.	331.608	6.705.342
Agglomérés.	286.197	4.154.693
Totaux.	16.543.563	224.570.557

En 1875, l'exportation était seulement de 14.544.916 tonnes, soit près de 2 millions de tonnes de moins. La consommation a donc diminué d'environ 500.000 tonnes.

Cette diminution ne s'est toutefois pas fait sentir à Londres, où l'on a remarqué un simple ralentissement, comme il résulte des chiffres suivants :

	Années.	Tonnes.
Charbons expédiés dans le district de Londres par chemins de fer, par canal et par mer.	1875.	7.534.840
	1876.	8.327.966
	1877.	8.578.146

En 1866, l'exportation des charbons de la Grande-Bretagne et d'Irlande s'élevait à 10.813.766 tonnes ; elle augmentait en moyenne de 500.000 tonnes par an, chiffre déjà inquiétant pour les houillères du continent. Un bond énorme a été fait en 1876, l'accroissement de l'exportation se chiffrant par 2 millions de tonnes.

La France, dont la production indigène est loin encore de suffire à sa consommation, a offert d'abondants débouchés aux charbons anglais. Les quantités de houilles de cette provenance, livrées à la consommation pendant les trois dernières années, ont été les suivantes, d'après les états de la douane française (commerce spécial) :

1876.	1875.	1874.
2.899.318 tonnes.	2.523.734 tonnes.	2.142.987 tonnes.

A défaut du tableau des exportations pendant l'année 1876, qui manque dans le dernier volume des *Mineral Statistics*, nous indiquerons, d'après cette publication, les principales contrées où les charbons anglais ont été introduits en 1875.

Pays de destination.	Houille et coke.
France.	2.650.028 tonnes.
Allemagne.	2.204.904 —
Suède et Norwége.	1.153.100 —
Italie.	1.102.686 —

Pays de destination.	Houille et coke.
Russie.	908.623 tonnes.
Danemark.	808.452 —
Espagne, îles Canaries.	769.640 —
Hollande.	460.829 —
Belgique.	329.552 —
Turquie, Valachie, Moldavie. . . .	279.233 —
Portugal, Madère, les Açores. . .	268.410 —
Malte..	235.553 —
Grèce.	82.990 —
Autriche.	74.599 —
Islande.	72.224 —

Les exportations ci-dessus forment un total de 11.382.823 tonnes. Les Anglais transportent par mer leur charbon dans toutes les régions du globe. Ils ont expédié notamment :

Égypte.	538.206 tonnes.
Indes anglaises orientales. . .	612.206 —
Indes occidentales.	475.116 —
Brésil.	365.965 —
Amérique du Nord.	237.939 —
Chili.	244.214 —
Uruguay.	119.165 —
Pérou..	117.494 —

Ils ont exporté 60.796 tonnes jusqu'en Chine et à Hong-Kong, mais seulement 12.650 tonnes en Australie. Une fraction de l'exportation est d'ailleurs consommée sur les bâtiments à vapeur, et seulement d'une manière fictive dans les pays dont ces bâtiments visitent les ports. Le développement de l'exportation est intimement lié à celui de la marine et du commerce extérieur de l'Angleterre.

Les documents officiels ne donnent pas l'indication du prix des combustibles sur le carreau des houillères, indication que la loi ne permet pas d'exiger des exploitants. C'est une lacune regrettable. Un prix moyen, pour l'ensemble du Royaume-Uni, peut seulement être déduit de la valeur, de pure estimation, semble-t-il, attribuée par M. R. Hunt à la quantité totale des charbons extraits dans l'année.

Cette valeur ayant été portée à 1.154.087.150 francs en 1875 et à 1.177.034.247 francs en 1876, le prix moyen général des combustibles minéraux ressort, par suite, à 8f,60 et 8f,69 par tonne, pour chacune des deux dernières années.

Les renseignements font également défaut quant aux prix de revient sur les lieux de consommation; ils se réduisent à l'indica-

tion des prix de vente de quelques charbons sur le marché de Londres, prix dont les fluctuations sont d'ailleurs enregistrées par semaine, par mois ou par trimestre.

Ces prix ont été, en moyenne, les suivants :

WALLSEND.	1875.	1876.
Newcastle	25f,51	22f,17
Sunderland	27 ,93	25 ,02
Hartlepool	29 ,21	25 ,12

Ils accusent une baisse très-notable pour l'an dernier, baisse qui coïncide avec la diminution, prcédemment indiquée, de la consommation générale des charbons en Angleterre ; ils n'en demeurent pas moins relativement élevés.

Les rapports des inspecteurs des douze districts houillers donnent des détails intéressants et peu connus sur le personnel ouvrier employé dans les mines exploitées sous le régime de l'acte portant réglementation des mines de charbon. Ces exploitations ont produit, en 1876, en outre du charbon, 2.102.963 tonnes d'argile réfractaire, 12.341.974 tonnes de minerai de fer, 642.145 tonnes de schiste, etc.

Les ouvriers employés à l'extraction de ces diverses substances minérales, qu'on regrette de voir confondus, ont été, l'année dernière, au nombre de 514.532, répartis de la manière suivante :

1° A L'INTÉRIEUR.

Garçons de 10 à 12 ans	565	409.229
— 12 à 13 —	8.655	
— 13 à 16 —	45.175	
Ouvriers au-dessus de 16 ans	354.834	

2° A L'EXTÉRIEUR.

Enfants de 10 à 13 ans	Garçons.	1.305	105.303
	Filles.	10	
— 13 à 16 —	Garçons.	7.527	
	Filles.	580	
Ouvriers au-dessus de 16 ans.	Hommes.	90.416	
	Femmes.	5.465	
Total			514.532

Ces nombres fournissent un renseignement d'un grand intérêt quant à la production annuelle par ouvrier. En les comparant à la quantité totale des produits extraits, on trouve que l'extraction annuelle s'est élevée à 370 tonnes par ouvrier employé à l'intérieur et à 293 tonnes par ouvrier employé tant à l'extérieur qu'à

l'intérieur. Ce sont des chiffres de production considérable. Aucun autre pays ne saurait fournir une semblable moyenne.

Comme la houille entre pour près de 90 p. 100 dans le total des produits extraits par le personnel ouvrier dont nous nous occupons, on peut, à bon droit, appliquer les mêmes chiffres à l'extraction de la houille.

En France, d'après les tableaux statistiques de l'industrie minérale relatifs à 1872, la production moyenne annuelle du charbon a été de 237 tonnes par ouvrier employé à l'intérieur des houillères et seulement de 172 tonnes par ouvrier employé tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. Ces quantités ont même faibli pendant les années suivantes; et, d'après les documents fournis par les ingénieurs des mines, elles se seraient abaissées respectivement à 218 et à 156 tonnes pour l'année 1875.

La supériorité bien connue du rendement du mineur anglais tient surtout aux conditions de gisement, exceptionnellement favorables, des houilles du Royaume-Uni. Elle est atténuée par l'élévation relative des salaires dans une proportion que le renchérissement de la vie, le besoin croissant d'ouvriers de toute espèce, et surtout les grèves tendent constamment à augmenter. Il semble donc qu'on aurait tort de se préoccuper outre mesure, pour l'avenir, des derniers progrès de l'importation des charbons anglais sur les marchés du continent.

Schistes bitumineux. — L'Écosse, comme on a vu, produit près de 19 millions de tonnes de houille. On y exploite aussi d'importants gisements de schistes bitumineux d'où l'on a extrait 549.382 tonnes en 1876. Les autres exploitations de schistes bitumineux de la Grande-Bretagne, qui se trouvent principalement dans le Cheshire et ensuite dans le Staffordshire, sont beaucoup moins développées.

La production totale du Royaume-Uni s'est élevée, en 1876, à 619.947 tonnes de ces schistes, valant 8.066.693 francs.

La statistique relative à 1875, qui paraît avoir été établie sur des documents moins complets, pour cet objet, indiquait seulement une production de 448.973 tonnes, dont 429.775, fournies par l'Écosse, et une valeur correspondante de 5 millions de francs.

L'indication de la quantité d'huiles minérales extraite de ces schistes fait défaut.

MINERAIS DE FER.

La production de l'Angleterre en minerais de fer est quintuple de celle de la France. Elle s'est élevée, en 1876, à 17.094.207 tonnes

valant 172.144.288 francs, soit en moyenne 10f,07 par tonne, sur les lieux d'extraction.

On a importé, en outre, de divers pays étrangers, 682.319 tonnes de minerais, et le traitement des pyrites de cuivre a fourni une certaine quantité de minerai de fer (*burnt ore*) évaluée à 304.500 tonnes, de sorte que la quantité totale de minerai de fer fondue se chiffre par 18.031.026 tonnes.

Le tiers du minerai extrait (5.744.314 tonnes) est du fer carbonaté lithoïde provenant des houillères, désigné sous les noms de carbonate argileux et de *blackband*.

L'Écosse en a fourni 2.585.537 tonnes, près de la moitié; le Staffordshire, 1.601.157 tonnes; le pays de Galles, 524.995 tonnes; neuf comtés, parmi lesquels on compte d'abord le Yorkshire et le Derbyshire, ont fourni des quantités moins importantes.

La valeur totale de ces minerais est estimée à 85.216.698 francs, d'où l'on tire 14f,83 pour le prix moyen de la tonne.

Le fer carbonaté des houillères a formé, pendant des siècles, la variété la plus importante des minerais de fer de l'Angleterre. Mais aujourd'hui le premier rang, dans l'échelle de la production, est occupé par un minerai, à peine connu il y a trente ans, qui se trouve dans le lias en couches stratifiées, d'une grande régularité, dont l'épaisseur atteint fréquemment 4 mètres. A la vérité, il contient une proportion de phosphore double de celle du carbonate des houillères; mais il a l'avantage de coûter beaucoup moins cher, de 4f,15 à 4f,65 par tonne, soit en moyenne 4f,40. Nous voulons parler du minerai du district de Cleveland, ou de la partie septentrionale du comté de Yorkshire, qui joue en Angleterre un rôle analogue à celui de notre minerai oolithique de Meurthe-et-Moselle. Il a une structure semblable; toutefois, au lieu d'être principalement formé par de l'hydroxyde il se présente surtout sous forme de carbonate argileux.

On en a extrait, en 1876, 6.660.430 tonnes valant 29.306.144 francs.

L'hématite rouge, dont on fait un si grand emploi pour obtenir l'acier Bessemer, s'exploite, en quantités croissantes, dans le Lancashire et dans le Cumberland. Le premier de ces comtés en a produit 999.228 tonnes valant 18.372.915 francs, soit 18f,39 en moyenne; et le second une quantité encore plus grande, 1.374.219 tonnes valant 25.120.283 francs, soit 18f,28 par tonne.

La production de l'hématite rouge a formé en 1876 un total de 2.373.447 tonnes représentant 14 p. 100, en poids, et 25 p. 100, en valeur, de l'ensemble du minerai extrait.

L'exploitation du minerai oxydé hydraté ne manque pas son

plus d'importance. Il en a été extrait 1.866.038 tonnes, dans le Northamptonshire, le Lincolnshire et, pour une petite partie, dans le Wiltshire et le Staffordshire Nord. Le premier de ces comtés a fourni seul 1.178.547 tonnes. Ce minerai est tantôt classé, quant à sa valeur, un peu au-dessus de celui de Cleveland, tantôt mis sur le même rang. Le prix moyen de la tonne est en effet de 5f,71 dans le Northamptonshire et de 4f,40 dans le Lincolnshire.

L'Irlande produit également diverses variétés d'oxyde hydraté, particulièrement du minerai pisolithique : on a extrait de ce pays 117.807 tonnes de minerais de fer.

L'hématite brune est exploitée principalement dans le Gloucestershire et le Sud du pays de Galles; et le fer spathique, dans le Somersetshire. Ces minerais n'entrent dans la production totale du Royaume-Uni que pour la faible quantité d'environ 300.000 tonnes, moins de 2 p. 100.

L'Angleterre avait produit, en 1875, 16.058.384 tonnes de minerai; il y a eu, en 1876, un accroissement de 1.035.823 tonnes. L'extraction n'a toutefois pas été aussi active qu'en 1871, année exceptionnelle du reste, où elle avait atteint 17.426.000 tonnes, en augmentation d'environ 2 millions de tonne sur 1870 et de plus de 5 millions sur 1869.

Si, faisant abstraction des fluctuations qui se sont produites, pendant les six dernières années, dans cette branche de l'industrie minérale, on se reporte à dix ans en arrière, on reconnaît que la situation des mines est florissante. De 1864 à 1868, leur production s'était, en effet, maintenue aux environs de 10 millions et demi de tonnes, savoir (*) :

En 1864.	10,737,761 tonnes	valant	86.455.852 fr.
1865.	10.585.951	—	79.575.724
1866.	10.308.787	—	78.009.958
1867.	10.690.619	—	80.252.932
1868.	10.847.061	—	79.914.973

D'autre part, le prix moyen du minerai ne dépassait guère 8 francs par tonne; il était seulement de 7f,57 en 1866. Si donc les documents statistiques des années considérées sont exacts ou au moins comparables, on doit conclure de leur examen qu'il y a eu d'acquis, dans la période des dix dernières années, un accroissement considérable de la production, et, en même temps, que le prix moyen de vente a augmenté de 25 à 30 p. 100.

(*) D'après un extrait fait par M. Voisin, ingénieur des mines (*Annales des mines*, 6e livraison de 1873).

Cette dernière conclusion est assez inattendue, étant donné le développement de l'exploitation du minerai de Cleveland, dont le prix moyen ne dépasse pas 4f,40. Ce sont naturellement les minerais riches et purs qui ont profité de la hausse; ainsi le prix de l'hématite rouge s'est élevé de 13f,55 à 18f,28, tandis que celui de l'oxyde hydraté s'est abaissé de 7 francs à 4f,40 et même à 3f,71, comme on l'a vu dans le Northamptonshire.

Ces variations sont intimement liées aux besoins des usines à fer, à la situation de l'industrie sidérurgique, sur laquelle nous allons jeter un coup d'œil, avant de nous occuper des autres mines métallifères.

USINES A FER.

Fabrication de la fonte. — Le Royaume-Uni a produit, en 1876, 6.654.337 tonnes de fonte, dont 1.518.911 tonnes dans le Yorkshire, 1.119.545 tonnes en Écosse, 835.520 tonnes dans le Durham (*), quantités formant la moitié, et au delà, de la production.

Le pays de Galles vient ensuite, avec un contingent de 800.677 tonnes. Le reste est produit dans le Lancashire, le Cumberland, le Derbyshire et dans six autres comtés moins importants.

La valeur de cette énorme quantité de fonte s'est élevée à 405.088.482 francs; d'où l'on déduit, pour la tonne, un prix moyen de 60f,87.

La quantité de minerai fondue ayant été de 18.081.026 *tonnes*, le rendement moyen au haut-fourneau a atteint 36kil,8 de fonte pour 100 kil. de minerai.

La fusion n'a pas exigé moins de 15.832.357 tonnes de charbon, quantité totale obtenue en remplaçant le coke par un poids équivalent de houille crue. Par suite, on peut calculer que la production d'une tonne de fonte a nécessité une consommation de 2.379 kil. de houille ou bien de 1.665 kil. de coke, en convertissant la houille en coke sur le pied de 70 kil. de coke par 100 kil. de houille.

Dans la même année, le nombre des hauts-fourneaux en feu n'a pas dépassé 585; d'où résulte, par haut-fourneau, une production moyenne de 11.375 tonnes par an, soit au moins 31 tonnes par jour. Dans la partie septentrionale du Yorkshire, où la production a été la plus considérable (1.279.928 tonnes de fonte), il n'y a eu que 75 hauts-fourneaux en feu. La production moyenne de ces fourneaux a atteint 17.000 tonnes par an. La capacité

(*) Y compris la production d'un seul haut-fourneau en activité dans le Northumberland.

des hauts-fourneaux du Lancashire est plus grande encore; la production, dans ce comté, s'élève à 18.709 tonnes de fonte par haut-fourneau et par an, soit au moins 51 tonnes par jour, en moyenne.

En 1875, les usines anglaises ont produit une quantité de fonte un peu moindre, s'élevant à 6.460.944 tonnes, avec un nombre supérieur de hauts-fourneaux en feu (629). On a éteint plusieurs hauts-fourneaux en 1876, dans la plupart des comtés, mais non en Écosse. C'est malgré l'extinction de 44 fourneaux que la production de l'année dernière s'est accrue de 193.393 tonnes. Cet accroissement a été obtenu, exclusivement, avec des hauts-fourneaux de capacité moyenne, dans les districts du charbon bitumineux, le Montmouthshire et le Glamorganshire, situés dans le sud du pays de Galles.

La production de la fonte, comme celle des minerais de fer, s'est surtout développée dans la période de 1861 à 1871, pendant laquelle elle a passé de 3.771.795 à 6.733.216 tonnes. Elle s'est encore un peu accrue en 1872, atteignant 6.843.058 tonnes, pour décroître en 1873 (6.664.947 tonnes) et surtout en 1874 (6.081.280 tonnes), à cause du renchérissement extraordinaire du charbon que l'excès de demandes, de la part des usines à fer elles-mêmes, n'avait pas tardé à occasionner. Elle a repris sa marche ascendante en 1875 et en 1876, et a presque regagné le niveau qu'elle avait atteint en 1872, au moment de son apogée.

Il y avait alors 702 hauts-fourneaux en feu, le nombre le plus considérable qu'on ait jamais signalé en aucun pays; ils produisaient en moyenne 9.600 tonnes par an. Depuis lors, 117 fourneaux n'ont pas été rallumés. On voit par combien de ruines ont été payés les transformations et le développement de cette industrie.

Le ralentissement des demandes des consommateurs a entraîné, dans ces dernières années, une notable dépréciation des cours de la fonte. En 1875 et en 1876, les prix de vente moyens étaient, par exemple, les suivants :

	1875	1876
Fonte du pays de Galles (dans ce pays)	104f,51	102f,42
Fonte d'Écosse (dans le bassin de la Clyde)	78 ,80	72 ,44
Fonte de Cleveland (dans le bassin de la Tyne ou du Tees)	73 ,87	67 ,69

En 1872 et 1873 (*), les mêmes fontes obtenaient, sur les mêmes

(*) D'après un extrait fait par M. Zeiller, ingénieur des mines (*Annales des mines*, 6e livraison de 1874).

marchés, des valeurs bien supérieures. La fonte du pays de Galles coûtait, en moyenne, environ 166 et 163 francs; la fonte d'Écosse 137 et 163 francs; la fonte de Cleveland 130 et 144 francs. Mais ces années ont été tout à fait exceptionnelles; et, pour apprécier sainement la situation actuelle de la métallurgie anglaise, au point de vue financier, il convient de consulter le prix de la fonte dans la période relativement tranquille de 1861 à 1870. La moyenne des prix, pendant cette période de dix années, tirée des *Mineral statistics*, est inférieure, pour chacune des fontes considérées, aux prix de 1876, comme l'indiquent les chiffres ci-dessous :

	Prix moyen pendant les années 1861-1870.
Fonte du pays de Galles	100f,25
Fonte d'Écosse	70 ,42
Fonte de Cleveland	62 ,62

L'exportation de la fonte brute a considérablement augmenté dans le même temps. Elle se chiffrait, en 1861, par 394.212 tonnes, en 1870, par 765.392 tonnes et atteignait, en 1871, d'un seul coup, 1.077.980 tonnes. En 1873, l'exportation montait à 1.259.196 tonnes pour redescendre, en 1874, aussi brusquement qu'elle s'était élevée:

	tonnes.
Exportation en 1874	787.757
— 1875	968.792
— 1876	non indiquée

Fabrication du fer et de l'acier. — La statistique officielle n'indique pas la production du fer ni celle de l'acier. On y trouve toutefois la liste des usines, avec l'indication de leur consistance; et l'on peut en tirer le résumé ci-dessous :

Résumé de la consistance des forges, en activité en 1876.

DÉSIGNATION.	USINES.	FOURS à puddler.	LAMINOIRS.
Staffordshire (principalement le Nord)	128	2.442	381
Northumberland et Durham	28	1.347	80
Yorkshire	45	1.265	168
Pays de Galles (principalement le Sud)	46	1.024	131
Lancashire	26	421	78
Autres comtés (cinq)	21	349	54
Ecosse	18	311	50
Totaux	312	7.159	942

En 1875, 314 forges en activité comprenaient 7.575 fours à puddler et 909 laminoirs.

Depuis 1860, le nombre des fours à puddler a doublé, celui des laminoirs a plus que triplé.

Les usines anglaises sont en général de très-grandes usines. On voit par les nombres précédents qu'en moyenne elles comprennent 23 fours à puddler et 3 laminoirs.

Les principales sont :

dans le Northumberland et le Durham, les forges de *Consett* qui comprennent 172 fours à puddler et 7 laminoirs, celles de *West Hartlepool* (110 fours à puddler, 3 laminoirs), celles de *Witton Park* à MM. Bolckow, Vaughan et Cie (100 fours à puddler, 6 laminoirs);

dans le Yorkshire (district de Cleveland), les forges de *Middlesbró* appartenant à la *Britannia Iron Work C°*, qui comprennent 120 fours à puddler et 1 laminoir;

dans le Lancashire, les trois usines de la compagnie *Pearson and Knowles* pour le fer et le charbon (ensemble 100 fours à puddler et 15 laminoirs);

dans le North Staffordshire, les deux usines de MM. *Robert Heat and Son* à *Tunstall*, qui comprennent 154 fours à puddler et 23 laminoirs;

enfin, dans le Glamorganshire, sud du pays de Galles, les forges de *Dowlais*, près de *Merthyr Tydfil*, où l'on compte 150 fours à puddler et 13 laminoirs.

La production de l'acier Bessemer a eu lieu dans 23 usines comprenant 108 cornues d'une capacité moyenne de 5 tonnes (mesure anglaise). Les plus petites, dont on trouve deux spécimens chez M. Henry Bessemer, à Sheffield, ont une capacité de 3 tonnes; on en a construit de 6, de 7 et même de 10 tonnes. MM. John Brown et Cie, à Sheffield, sont toutefois seuls à posséder ces formidables appareils. La plus grande usine, pour cette fabrication, se trouve à Barrow (*Barrow Hæmatite Steel C°*); elle comprend 18 cornues de 6 tonnes. Les plus importantes sont ensuite les usines de la Mersey, à Liverpool (10 cornues de 5 tonnes), celles de John Brown et Cie à Sheffield (2 cornues de 6 tonnes, 2 de 7 et 2 de 10); et l'usine de Dowlais (6 cornues de 3 tonnes).

On a installé 11 cornues dans le courant de 1876. Le nombre des convertisseurs Bessemer a doublé depuis 1867.

La fabrication de l'acier fondu par les procédés Siemens et Martin se développe parallèlement à celle de l'acier Bessemer. On ne compte aujourd'hui, en Angleterre, pas moins de 86 fours à réverbère de ces systèmes. *The Landore Siemens steel C°* en possède 24; *the steel C°*, d'Écosse, 12; MM. *Vickers sons and C°*, 10; *the Panteg steel Work and Engineering C°*, 10 également.

Enfin des fours à gaz, du système Siemens, sont employés à chauffer les creusets pour l'acier fondu, dans 6 usines, en toute première ligne dans celle de M. *Vickers sons and C°*, à Sheffield. Le nombre des creusets dans lesquels on fond l'acier au moyen des fours à gaz est de 498.

On s'est livré à la fabrication des tôles noires et du fer-blanc dans 68 usines. Le montant de la production en est difficile à préciser, mais paraît voisin de 150.000 tonnes pour 1876. Les deux tiers des tôles fabriquées sont régulièrement exportés aux États-Unis.

L'exportation des fers et des aciers, qui n'est pas indiquée pour 1876, a fait, depuis 1861, de grands progrès, un peu moindres toutefois que celle de la fonte, précédemment examinée. On en peut juger par le tableau comparatif ci-dessous, dans lequel il faut noter l'importance exceptionnelle de l'exploitation des rails, en 1870 :

NATURE.	1861.	1870.	1873.	1874.	1875.
Exportation :	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Fers marchands.	262.202	326.598	291.148	262.837	280.836
Rails.	383.606	1.076.342	796.789	794.406	554.745
Fils de fer (autres que les fils télégraphiques).	11.990	23.822	29.887	37.242	43.723
Fer-blanc.	?	101.449	122.448	124.804	140.642
Tôles de chaudières, cornières..	85.227	184.388	204.593	170.957	207.547
Acier brut..	22.159	35.521	40.009	31.912	30.179
Totaux.	765.184	1.748.120	1.484.874	1.422.157	1.257.672
Importation :					
Fers en barres.	36.057	75.335	75.608	75.286	92.888
Acier brut.	3.765	8.199	9.699	7.405	7.767
Totaux.	39.822	83.534	85.307	82.691	100.655

De nombreux articles façonnés en fonte, en fer et en acier, sont en outre l'objet d'échanges entre l'Angleterre et les autres pays. Dans la période des trois avant-dernières années, l'exportation de ces articles a un peu diminué, comme celle des précédents, tandis que l'importation en a augmenté :

Années.	Exportation.	Importation.
1873..	286.230 tonnes.	33.647 tonnes.
1874.	260.925 —	53.563 —
1875..	243.642 —	58.872 —

PLOMB ET ARGENT.

De toutes les mines métallifères de la Grande-Bretagne, les plus productives, après celles de fer, sont les mines de plomb. On en a extrait, en 1876, pour 30.719.927 francs de minerai, d'où on en a retiré pour 32.039.866 francs de plomb et pour 2.678.919 francs d'argent.

La production a été de 80.283 tonnes de minerai préparé, qui ont donné 59.547 tonnes de plomb et 14.986 kilog. d'argent. La valeur du minerai a été estimée à environ 382 francs la tonne, et celle du plomb à 538 francs, sur les lieux de production. La moyenne des prix de ce métal sur le marché de Londres, pour les principales sortes, a été la suivante :

	francs.
Plomb anglais en saumon.	538,67
— en feuille.	565,68
— en saumon (W.E.).	573,48

Il y a eu 392 mines en activité ; toutefois 90 d'entre elles, sur 140, situées dans le Derbyshire, n'ont fourni en tout que 137 tonnes et ne doivent guère figurer que pour mémoire. Dix comtés du pays de Galles d'un côté, comprenant 126 mines, le Durham et le Northumberland, de l'autre, avec 28 mines, ont participé à la production des minerais, en quantités presque égales, et en ont fourni plus de la moitié.

Les minerais du pays de Galles sont, sinon plus abondants, du moins supérieurs à ceux du Durham et du Northumberland ; leur teneur en argent est presque double. Mais, à ce point de vue, les mines les plus remarquables, celles de *Laxey* et de *Foxdale*, se rencontrent dans l'île de Man, où le plomb contient 6 à 7 fois plus d'argent que dans le pays de Galles, et 2 fois et demie plus que dans le Cornwall. On n'extrait plus d'ailleurs de ce dernier comté qu'une minime quantité de minerai (2.768 tonnes en 1876). On a exploité, dans l'île de Man, en 1876, 4.418 tonnes de minerai préparé, qui ont produit 3.133 tonnes de plomb et 5.290 kilog. d'argent, soit 1k,688 d'argent par tonne de plomb.

Le minerai qu'on tire de l'Écosse et de l'Irlande est pauvre en argent.

Tableau chronologique des minerais de plomb, du plomb et de l'argent produits dans la Grande-Bretagne, de 1867 à 1876.

ANNÉES.	MINERAI de plomb.	PLOMB	ARGENT.	MINERAI par 100 tonnes de plomb.	PLOMB par 100 tonnes de minerai.	ARGENT par tonne de plomb.
	tonnes.	tonnes.	kilog.	tonnes.	tonnes.	grammes.
1867.. .	94.833	69.468	24.967	139	74.354	365
1868.. .	96.665	72.082	26.081	136	75.687	367
1869.. .	98.319	74.358	25.789	134	76.763	[illegible]
1870.. .	99.649	74.524	24.321	136	75.905	331
1871.. .	95.374	70.073	23.606	138	74.572	[illegible]
1872.. .	82.787	61.326	19.497	137	75.187	323
1873.. .	74.602	55.049	16.463	138	74.891	304
1874.. .	77.344	59.659	15.788	132	78.311	[illegible]
1875.. .	78.912	58.297	15.108	137	74.983	263
1876.. .	80.283	59.547	14.986	137	75.164	256

La production des minerais de plomb doit être considérée comme stationnaire en Angleterre, si l'on embrasse une période de trente ans. Le tableau ci-dessus, qui comprend une période de dix années seulement, la montre plutôt en décroissance. La diminution progressive de la teneur moyenne du plomb en argent est un symptôme très-défavorable, qui ne permet pas d'espérer de prochaine amélioration dans la situation de cette branche de l'industrie minérale anglaise.

La Grande-Bretagne tire de l'étranger peu de minerais de plomb (12.095 tonnes, dont moitié provenant de l'Italie, en 1875), mais de grandes quantités de plomb métallique, venant principalement de l'Espagne. Les importations de plomb, en saumons ou en feuilles, se sont élevées à :

63.150 tonnes	....	en 1874
81.026	—	1875
81.930	—	1876

Elles ont doublé dans l'espace de dix ans. L'exportation, au contraire, est restée sensiblement stationnaire, elle a comporté :

36.898 tonnes	....	en 1874
36.020	—	1875
36.546	—	1876

Elle dépassait déjà 37.000 tonnes en 1862, en 1863, en 1864; mais a diminué en 1865.

La moitié du plomb exporté est expédiée en Russie, en Chine

et au Japon. Ces exportations ne sont d'ailleurs motivées que par l'immense extension du commerce extérieur de l'Angleterre; car les mines de ce pays, comme le démontrent les chiffres ci-dessus, ne produisent plus la quantité de plomb nécessaire à la consommation indigène.

ÉTAIN.

Le Cornwall, et accessoirement le Devonshire, sont les deux centres d'exploitation de l'étain. Ces deux comtés comprenaient, en 1876, 120 mines en activité, et 15 exploitations de sables stannifères. Cette branche de l'industrie minérale demeure depuis longtemps stationnaire; son importance, d'une année à l'autre, subit de fréquentes et sérieuses variations, suivant le cours de l'étain, qui est soumis à des fluctuations considérables, et dont le prix règle nécessairement celui des minerais. La situation, à cet égard, a été désastreuse en 1876, comme on peut en juger par les prix moyens des minerais propres à la fusion et de l'étain métallique, pendant les cinq dernières années :

	PRIX MOYEN DE LA TONNE.	
	Minerai d'étain.	Etain.
1872.	2.170 fr.	3.795 fr.
1873.	1.764	3.313
1874.	1.395	2.693
1875.	1.306	2.239
1876.	1.091	1.975

Il faut remonter aux années 1842 et 1843 pour rencontrer des valeurs de l'étain aussi faibles. D'une manière générale, l'étain n'a pas subi de dépréciation depuis le commencement du siècle; mais n'a pas non plus augmenté de valeur.

Pendant les dernières années la production de ce métal a décliné, mais beaucoup moins que les prix de vente.

ANNÉES.	NOMBRE des exploitations.	MINERAI D'ÉTAIN (black-tin)		ÉTAIN MÉTALLIQUE.	
		Poids.	Valeur.	Poids.	Valeur.
		tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
1872.	162	14.480	31.427.525	9.703	36.820.945
1873.	215	15.108	26.653.379	10 122	33.536.700
1874.	230	14.250	19.881.178	10.091	27.179.897
1875.	183	14.205	18.551.983	9.758	21.847.229
1876.	135	13.894	15.155.278	8.627	17.042.415

Le rendement moyen des minerais, ayant subi la préparation mécanique et propres à la fusion, a été, en 1876, de 62 p. 100, comme pendant la période de 1850 à 1870. Les chiffres de rendement supérieurs, allant de 67 à 71 p. 100, qu'on tirerait du tableau ci-dessus, pour les années 1872 à 1875, paraissent ne devoir être attribués qu'à des différences dans l'état de préparation de quantités plus ou moins importantes des minerais consignés sur les tableaux statistiques.

Les 14 à 15.000 tonnes de *black tin* produites annuellement représentent une quantité considérable de minerais extraits des mines et livrés à la préparation mécanique, qui est, comme on sait, très-compliquée. Dix mines ont indiqué leur production en minerai brut, formant 13.979 tonnes; la quantité correspondante de *black tin* est seulement de 615 tonnes, soit environ 4,4 p. 100.

— On a importé en Angleterre, en 1875, des quantités d'étain en barres, en lingots ou en régule, presque doubles de la production indigène. La moitié de l'importation provient des Détroits et presque tout le reste de l'Australie. Le Pérou n'a expédié que 205 tonnes d'étain métallique et 300 de minerai. L'étain importé s'est élevé à 17.040 tonnes. Les riches mines de l'Australie en fournissent à l'Angleterre des quantités croissantes, non sans causer un énorme préjudice aux mines de Cornwall; et, il faut probablement voir là, en grande partie, la cause de la baisse considérable de valeur de l'étain.

Étain importé des colonies australiennes.

Années.	Quantités.
1872	152 tonnes.
1873	3.035 —
1874	5.887 —
1875	7.318 —

Une petite partie seulement de l'étain, en barres, lingots, etc., provenant des colonies et de l'étranger, fait l'objet d'une réexportation, tandis que plus de la moitié de l'étain brut, d'origine anglaise, est livré à l'exportation. Les documents ci-dessous ont été fournis, à cet égard, par le *Board of Trade :*

ANNÉES.	EXPORTATION.		
	Etain anglais.	Etain étranger ou des colonies.	Total.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1873......	5.844	1.465	7.309
1874......	7.847	2.004	9.851
1875......	5.300	4.287	9.587

La production indigène est insuffisante, aussi bien pour l'étain que pour le plomb.

CUIVRE.

Les deux tiers des mines de cuivre se trouvent dans le Cornwall et ces mines fournissent un peu plus de la moitié de la production totale de l'Angleterre. Le Devonshire, le Cheshire, l'Irlande et l'île d'Anglesea sont ensuite les principaux centres d'extraction.

Bien que les minerais passés à la fusion se maintiennent, comme le cuivre métallique, à des prix élevés et conservent une teneur à peu près constante de 6 à 6 1/2 p. 100, l'épuisement progressif des filons occasionne d'année en année l'abandon d'un plus grand nombre de mines. Ce mouvement de recul, annoncé depuis longtemps, s'est produit avec une grande intensité dans la période des dix années 1866-1875. Malgré la légère reprise qui s'est manifestée en 1876, la production des mines anglaises a diminué, depuis 1866, de beaucoup plus de moitié.

Nombre et production des mines de cuivre.

ANNÉES.	NOMBRE des mines.	MINERAIS de cuivre	VALEURS.	PRIX moyens.	CUIVRE.	VALEURS.	PRIX moyens.	RENDEMENT p. 100.
		tonnes.	francs.	francs.	tonnes.	francs.	francs.	
1866	173	183.084	19.144.956	104,57	11.320	25.703.417	2.270,62	6,2
1867	164	160.922	17.646.257	109,66	10.385	20.977.012	2.019,93	6,5
1868	152	159.695	16.193.838	101,40	9.964	19.207.602	1.927,70	6,2
1869	136	131.902	13.112.181	99,41	8.415	16.243.319	1.930,28	6,4
1870	124	108.298	11.042.602	101,96	7.283	13.904.013	1.909,10	6,7
1871	122	98.586	9.763.116	99,03	6.374	11.983.106	1.880,00	6,5
1872	117	93.271	11.191.072	119,98	5.789	14.709.111	2.540,88	6,2
1873	122	81.391	8.643.096	106,19	5.319	12.681.196	2.384,13	6,5
1874	119	79.699	8.484.386	106,45	5.056	11.295.811	2.234,14	6,3
1875	100	72.601	8.408.701	115,82	4.338	9.810.176	2.235,68	6,0
1876	101	80.441	7.999.431	99,44	4.764	9.893.806	2.076,78	5,9

En outre des minerais indigènes, les usines anglaises, parmi lesquelles celles de Swansea occupent le premier rang, traitent des quantités considérables de minerais et de mattes cuivreuses, de provenance étrangère, principalement des pyrites d'Espagne. Les quantités totales de minerai et de mattes, d'où l'on a extrait du cuivre, ont été les suivantes, en 1876 :

		Cuivre obtenu.
Minerais anglais.	80.444 tonnes.	4.764 tonnes.
Minerais, mattes, précipités provenant de l'étranger et des colonies.	87.797 —	21.509 —
Minerais pyriteux, grillés (estimation).	384.958 —	15.225 —
Totaux.	553.196 —	41.498 —

Le cuivre extrait des minerais indigènes n'a formé que 11 1/2 p. 100 de la totalité de la production.

La quantité de ce métal obtenue en 1875 a été indiquée, dans la statistique anglaise, comme ayant été seulement de 34.313 tonnes. Mais d'après une note du dernier volume des *Mineral statistics*, « l'estimation du cuivre tiré des pyrites grillées paraît avoir été trop faible les précédentes années ». Le rendement de ces derniers minerais ressort à 4 p. 100, d'après les chiffres ci-dessus; en supposant la même teneur aux 487.200 tonnes de pyrites passées à la fusion en 1875, on calcule que la production totale du cuivre, pour cette dernière année, se serait élevée à 40.057 tonnes, quantité peu inférieure à celle qui a été admise pour 1876.

Il n'existe pas moins de 21 usines où l'on traite les pyrites cuivreuses, d'importation étrangère; elles ont pour centre Newcastle. La compagnie la plus importante fondée pour cet objet, *Tharsis sulphur and Copper C°*, possède trois usines, à Newcastle, à Birmingham et à Glasgow, et a traité 181.685 tonnes de pyrites grillées, l'année dernière. Les résidus obtenus après l'extraction du cuivre, sont constitués par du sesquioxyde de fer presque pur; ils sont passés au haut-fourneau, comme nous l'avons indiqué précédemment, et rendent de 62 jusqu'à 67 p. 100 de fer métallique. Une petite partie, réduite en poussière, est employée dans les fours à puddler comme agent d'oxydation, à la place d'hématite.

Trois usines retirent le cuivre fin des minerais pyriteux par la voie humide, et deux en extraient directement du sulfate de cuivre.

Les pyrites importées en Angleterre proviennent de l'Espagne, du Portugal et de la Norwége. Les quantités de minerais de cette dernière provenance vont en décroissant notablement, tandis que l'importation espagnole se développe. Les pyrites de fer et les pyrites de cuivre sont confondues dans les documents placés sous

ses yeux. Il a été importé, en 1876, 512.323 tonnes de ces minerais, valant 30.435.471 francs (545.618 tonnes en 1875).

L'importation comprend en outre, d'après les documents du *Board of Trade*, de grandes quantités de cuivre brut, des mattes et même du minerai, provenant du Chili; du cuivre brut d'Australie, des minerais du cap de Bonne-Espérance et de diverses autres contrées. En voici le résumé :

DÉSIGNATION.	1875.	1876.
	tonnes.	tonnes.
Minerais de cuivre.	54.749	76.090
Mattes et précipité.	33.054	28.323
Cuivre non raffiné.	40.166	39.732

Les exportations comprennent, en proportions à peu près égales, du cuivre brut en saumons et en lingots, du cuivre ouvré et du laiton, savoir :

En 1875.	38.082 tonnes.
En 1876.	36.636 tonnes.

Les exportations s'élevaient à 41.838 tonnes en 1865 et à 43.382 tonnes en 1866. Elles avaient même atteint le chiffre énorme de 55.584 tonnes en 1869.

ZINC.

La blende est le principal minerai de zinc de la Grande-Bretagne, les anciennes exploitations de calamine ayant été presque partout abandonnées. On a extrait, en 1876, 23.968 tonnes de minerai, d'une valeur de 2.273.381 francs, qui ont produit 6.741 tonnes de zinc valant 3,985.038 francs. D'après ces chiffres, le rendement du minerai est de 28 p. 100 de zinc ; et les prix moyens, sur les lieux de production, ont été estimés à 94f,85 par tonne de minerai, et à 591f,17 par tonne de zinc.

Le prix marchand des minerais de zinc a d'ailleurs subi de grandes fluctuations dans l'année. D'après un tableau mensuel des cours, les prix moyens ont été les suivants :

Moyenne des cours	les plus élevés.	133f,12
—	les plus bas.	93 ,98
—	moyens.	114 ,14

La production de l'année 1875 a été un peu plus forte que celle de 1876. Elle s'est élevée à 24.338 tonnes de minerai et à 6.814 tonnes de zinc.

Cette branche accessoire de l'industrie minérale est en grand progrès : le montant de la production a doublé depuis dix ans.

On compte, en 1876, 57 mines en activité, dont 26 dans le pays de Galles et 14 dans le Cornwall. Le principal centre de production est toutefois représenté par l'île de Man qui a fourni, en 1875, avec 4 mines seulement, la moitié de la quantité totale de minerai extraite dans le Royaume-Uni. En 1876, on ne rencontrait plus dans cette île que 3 mines en activité ; mais leur production s'élevait encore à 8.800 tonnes.

Les fondeurs se procurent en outre à l'étranger, en Italie principalement et en Espagne, des minerais de zinc, en quantité équivalente et souvent supérieure à la production indigène, savoir :

En 1872.	33.152 tonnes.
1873.	30.538 —
1874.	22.526 —
1875.	22.482 —
1876.	non indiqué.

D'autre part, le commerce importe, principalement de la Belgique, de l'Allemagne et de la Hollande, du zinc, soit brut, soit ouvré, dont une partie seulement est réexportée dans toutes les directions, surtout dans les Indes.

Ici encore la production des mines de l'Angleterre ne suffit pas à la consommation intérieure.

ANNÉES.	IMPORTATION.		EXPORTATION.	
	Zinc brut.	Zinc ouvré.	Zinc anglais.	Zinc étranger.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1872....	15.097	12.603	5.123	2.259
1873....	20.339	12.657	3.492	1.081
1874....	22.549	12.819	3.849	1.769
1875....	23.060	15.505	4.969	1.695
1876....	29.908	20.015	5.741	non indiqué

PYRITES DE FER.

Nous avons indiqué précédemment l'importation, en quantités considérables, et l'emploi des pyrites de fer et de cuivre d'origine étrangère.

L'Angleterre renferme en outre, dans de nombreuses mines, des pyrites de fer propres à la fabrication du soufre. On a exploité, en 1876, 49.541 tonnes de ce minerai, représentant une valeur de

1.106.401 francs. L'Irlande en a fourni 16.257 tonnes; le Cornwall, le Devonshire et divers autres comtés ont produit des quantités moins importantes.

L'activité des mines a été très-sensiblement la même en 1875.

La production annuelle des pyrites de fer qui, depuis 1860, a dépassé, à deux reprises, 140.000 tonnes, est tombée brusquement de 124.000 à 80.000 tonnes, de 1867 à 1868, par suite de l'importation de minerais à meilleur marché, et ne s'est pas relevée depuis lors.

MINERAIS DIVERS.

On exploite la pyrite arsenicale dans le Cornwall et le Devonshire. Le premier de ces comtés renfermait, en 1876, 22 mines et le second 3, parmi lesquelles la plus importante de toutes, la mine de *Devon Great Consols*. Ces deux comtés ont produit, pendant l'année, 4.291 tonnes d'arsenic, estimé 1.106.400 francs.

Ils ont en outre produit presque tout le manganèse extrait de la Grande-Bretagne, dont la quantité, moitié moindre qu'en 1871, a atteint le chiffre, encore important, de 2.839 tonnes estimées 244.587 francs. Les seules mines de *Chillator and Hogstor* à *Milton Abbot*, dans le Devonshire, ont fourni 2.467 tonnes de manganèse.

On rencontre de l'or en roche, disséminé au milieu du quartz, dans le Merionetshire, au nord du pays de Galles. Cette exploitation a lieu dans la mine de *Cloyau* qui a produit, en 1876, près de 9 kilogrammes d'or, d'une valeur de 28.000 francs. La production s'était élevée à 23 kilogrammes en 1866.

On exploite aussi la pyrite aurifère à *Wicklow*, en Irlande, mais en quantité insignifiante.

Le Cornwall produit annuellement quelques tonnes de wolfram (24 tonnes valant 4.338 francs, en 1876); et l'on y signale l'existence du bismuth, du cobalt et de la pechblende (minerai d'uranium).

SEL.

Pour terminer cet aperçu, il nous reste à indiquer la production du sel, qui doit être classé aussitôt après le plomb, avant l'étain et le cuivre, dans l'ordre d'importance des produits minéraux de la Grande-Bretagne, considérés au point de vue de leur valeur. Sous le rapport des quantités extraites, le sel vient même en troisième ligne, immédiatement après la houille et le minerai de fer.

Les principales mines de sel gemme, *Northwich*, *Middlewich*,

Winsford, etc., se trouvent non loin de Liverpool, dans le Cheshire, où l'on exploite un important gisement, situé dans les marnes irisées, et présentent une grande analogie avec celui du bassin de la Meurthe. On y rencontre de nombreuses couches de sel, entre autres deux dont les épaisseurs moyennes sont de 20 mètres et de 30 mètres. Le sel gemme s'exploite aussi dans d'autres comtés, dans le Staffordshire, le Worcestershire, et jusqu'en Irlande.

La production totale a été la suivante, pendant les deux dernières années :

	1875.	1876.
Sel en roche..........	193.987 tonnes.	156 849 tonnes.
Sel raffiné...........	2.157.408 —	2.150.506 —
Totaux.........	2.351.395 tonnes.	2.307.355 tonnes.

Elle a doublé depuis 1866.

La valeur de ces produits se chiffrait, en 1876, par 28.665.758 fr., soit en moyenne 12f,42 par tonne de sel.

L'exportation en est considérable; elle s'est élevée :

En 1874 à..................	840.580 tonnes.
1875..................	931.277 —
1876..................	867.396 —

(Les principaux débouchés sont dans l'Amérique du Nord, dans les Indes anglaises et en Russie.)

Toutefois elle n'a pas suivi la même progression que la production du sel; elle ne s'est que faiblement développée depuis dix ans, de sorte qu'on est conduit, si l'on s'en rapporte aux données annuelles de la statistique, à attribuer principalement l'activité des mines à un grand accroissement de la consommation indigène.

Ce développement de la consommation, qui s'est manifesté plus ou moins régulièrement dans les diverses branches de l'industrie minérale et qui a atteint des proportions colossales pour la houille, au point d'amener une réaction contraire en 1876, forme le caractère saillant de la situation industrielle de l'Angleterre, considérée dans la période des dix dernières années.

Décembre 1877.

I. — PRODUCTION DES MINES.

NATURE des matières extraites.	POIDS.	VALEUR		NOMBRE						
		totale.	par tonne.	des mines en exploitation.	D'OUVRIERS EMPLOYÉS					des femmes et des enfants des ouvriers.
					sous terre.	au jour.		Total.		
						Hommes.	Femmes.			
	tonnes.	francs.	francs.							
Houille	34.466.249	283.227.780	8,22	418	126.166	30.384	2.352	158.902		279.180
Lignite	8.985.122	39.374.637	4,37	543	11.178	7.987	157	19.322		46.634
Asphalte	20.000	250.000	12,50	2	»	80	»	80		145
Huile minérale	45	36.292	806,50	3	»	10	»	10		25
Minerai de fer	2.572.250	21.683.421	8,42	612	13.556	5.189	1.404	20.149		39.783
— de zinc	531.315	16.186.520	30,32	61	6.837	2.689	2.053	11.579		16.131
— de plomb	112.841	25.129.890	222,70	83	8.912	7.072	539	16.523		31.897
— de cuivre	300.278	8.681.152	24,90	13	5.681	1.221	7	6.908		13.857
— d'argent et d'or	5	124.269	27.015,00	1	195	40	»	235		376
— de mercure	»	75	3.750,00	1	3	»	»	3		22
— de cobalt	158	95.377	602,30	2	92	8	»	100		316
— de nickel	361	54.252	153,05	1	29	12	»	41		98
— d'antimoine	24	4.631	193,37	1	9	5	»	14		26
— d'arsenic	1.406	52.750	37,50	1	38	41	»	79		123
— de manganèse	8.942	472.794	52,87	40	306	145	59	510		871
Pyrite de fer	110.802	2.634.024	23,77	14	449	356	»	805		2.062
Minerais vitrioliques et alunifères	26.570	48.409	1,82	4	44	54	»	98		221
Sel gemme	80.628	608.170	7,55	4	194	231	»	425		1.036
Sels potassiques	193.546	1.784.715	9,22	2	370	181	1	552		1.407
Sels de magnésie	35	24.951	710,87	»	»	»	»	»		»
Totaux et moyennes	47.410.582	400.474.110	8,45	1.809	174.059	55.704	6.572	236.335		434.204

Les chiffres qui figurent dans la 5[e] colonne du tableau ci-contre n'indiquent que les mines donnant lieu à une production effective et affectées spécialement à l'exploitation de la substance minérale qui se trouve désignée dans la colonne de gauche; ainsi les mines qui ont produit les sels de magnésie sont exploitées spécialement en vue de l'extraction du sel gemme; de même une partie des minerais de zinc, de plomb, de cuivre, de nickel, etc., ont été extraits comme produits secondaires dans des mines exploitées pour d'autres substances. Les mines de houille de Schaumburg, appartenant pour moitié seulement à la Prusse, ne sont comptées que pour moitié dans la production générale; de même les établissements miniers de l'Unterharz, dits *Communionwerke*, qui appartiennent en commun à la Prusse et au duché de Brunswick, ne figurent dans ce tableau que pour les $\frac{4}{7}$ de leur production et de leur nombre d'ouvriers.

L'industrie minière de la Prusse a été caractérisée, en 1876, comme déjà en 1875, par une notable augmentation de la production, compensée par une diminution constante et très-sensible des prix de vente, comme le montre le tableau suivant :

	1875.	1876.	AUGMENTATION		DIMINUTION	
			totale.	p. 100.	totale.	p. 100.
Production en tonnes.	45.635.662	47.410.582	1.774.920	3,89	»	»
Valeurs en francs. . .	436.238.427	400.474.110	»	»	35.764.317	8,20

Les combustibles minéraux représentent, en poids, 91,7 p. 100, en valeur, 80,6 p. 100, de la production totale.

Houille. — La houille entre pour 79,2 p. 100 en poids et pour 87,8 p. 100 en valeur dans la production totale des combustibles minéraux. Le tableau suivant donne la production par bassins :

BASSINS.	NOMBRE d'ouvriers.	POIDS EXTRAIT total.	POIDS EXTRAIT par ouvrier.	PART dans la production totale.	VALEUR par tonne.
		tonnes.	tonnes.	p. 100.	francs.
Haute-Silésie. . . .	32.662	8.467.742	259,25	24,57	6,57
Basse-Silésie. . . .	10.557	2.150.637	203,70	6,24	9,75
Wettin.	155	11.088	71,55	0,03	20,00
Lœbejün.	223	30.947	138,75	0,09	12,50
Hanovre.	2.869	299.067	104,25	0,87	11,10
Hohnstein.	110	10.891	99,00	0,03	9,87
Schaumbourg (1/2).	635	85.400	134,50	0,25	13,70
Minden.	127	9.858	77,65	0,03	15,00
Ibbenbüren.	1.420	215.178	151,55	0,62	11,50
La Ruhr.	81.683	17.642.212	216,00	51,19	7,62
Aix-la-Chapelle. . .	5.358	994.101	187,30	2,88	8,90
La Sarre.	23.103	4.549.124	196,90	13,20	12,17
Totaux et moyennes.	158.902	34.466.249	216,90	100,00	8,22

En 1875, la production n'avait été que de 33.419.298 tonnes, l'accroissement a donc été de 1.046.951 ou 3,01 p. 100 : la presque totalité de cette augmentation appartient au bassin de la Ruhr. En présence du malaise général de l'industrie, et surtout de l'industrie du fer, les propriétaires de mines ont dû déployer la plus grande activité pour élargir leur marché, et trouver des débouchés nouveaux. Il faut signaler surtout les efforts des mines Westphaliennes, tant pour faire concurrence aux autres districts indigènes que pour conquérir le marché des ports allemands, jusqu'ici tributaires des charbons anglais. L'exportation des charbons à gaz de la Ruhr vers la Belgique et la France s'est aussi accrue d'une manière notable. Les prix de vente ont continué à baisser : la valeur de la tonne, déjà descendue de 13f,20 en 1874 à 9f,52 en 1875, est tombée en 1876 à 8f,22.

Remarquons enfin l'accroissement continu de la production annuelle par ouvrier. Le chiffre de cette production est monté de 197t,75 en 1874 à 209 tonnes en 1875 et à 216t,90 en 1876.

Lignite.—La production des lignites a augmenté de 645.000 tonnes ou 7,70 p. 100 en 1876 ; le prix de la tonne n'a baissé que de 0f,13. Ce résultat relativement satisfaisant est dû en partie à la hausse du prix du pétrole d'Amérique, survenue au milieu de 1876, hausse qui a beaucoup favorisé l'industrie saxonne des huiles de lignite. Voici comment la production totale se répartit entre les différentes provinces.

Production de lignite, par provinces.

PROVINCES.	NOMBRE d'ouvriers.	POIDS EXTRAIT total	POIDS EXTRAIT par ouvrier.	PART dans la production totale.	VALEUR par tonne.
		tonnes.	tonnes.	p. 100.	francs.
Brandebourg.	3.373	1.467.259	435,00	16,33	3,63
Poméranie.	17	»	»	»	»
Posen.	118	22.014	186,00	0,26	5,85
Silésie.	1.351	440.488	326,60	4,90	4,60
Saxe..	12.481	6.760.804	542,00	75,24	4,65
Schleswig-Holstein. .	7	600	85,00	0,01	4,60
Hanovre.	31	3.532	114,00	0,03	10,65
Hesse-Nassau.	1.433	188.713	132,00	2,10	7,72
Provinces rhénanes. .	511	101.710	199,00	1,13	3,38
Totaux et moyennes.	19.322	8.985.122	465,00	100,00	4,57
En 1875.	18.436	8.340.209	425,25		4,50

Fer. — La production des minerais de fer a été, en 1876, de 2.572.250 tonnes, avec une diminution de 0,85 p. 100 par rapport à l'année 1875. La valeur moyenne de la tonne a baissé de 9,4 p. 100. Au point de vue de la nature, les minerais se répartissent de la manière suivante :

NATURE des minerais.	PRODUCTION en 1876.	PRODUCTION en 1875.	AUGMENTATION.	DIMINUTION.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes
Limonite.	2.244	7.022	»	4.778
Hématite brune et minerai argileux.	1.261.316	1.258.335	2.981	»
Fer carbonaté spathique. .	661.416	642.750	18.666	»
Minerai des houillères. . . .	159.432	139.140	20.292	»
Hématite rouge.	477.932	526.173	»	48.241
Fer magnétique.	5.620	7.801	»	2.181
Minerai en grains.	4.247	12.868	»	8.621
Fer spéculaire.	40	331	»	291
Totaux.	2.572.250	2.594.422	»	22.172

Zinc. — La production des minerais de zinc a notablement augmenté ; par contre la valeur de la tonne est tombée de 33f,92 en 1875, à 30f,32 en 1876. Le tableau suivant indique la part de chaque province dans la production totale :

PROVINCES.	POIDS EXTRAIT.			VALEUR par tonne.
	Calamine.	Blende.	Total.	
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	francs.
Silésie.	408.296	41.118	449.374	25,00
Hanovre.	»	4.223	4.223	121,40
Westphalie.	7.569	19.331	26.900	45,00
Hesse-Nassau.	»	14.422	14.422	69,77
Provinces rhénanes. . . .	1.555	34.840	36.395	65,42
Totaux et moyennes. .	417.380	113.934	531.314	30,92

Plomb. — La production du plomb a légèrement augmenté en 1876; la valeur a, par contre, diminué, par suite de la baisse de prix du plomb d'œuvre et de l'argent. La production se répartit de la manière suivante entre les différentes provinces :

PROVINCES.	NOMBRE d'ouvriers.	POIDS extrait.	VALEUR par tonne.
		tonnes.	francs.
Silésie.	833	17.844	265,20
Saxe et Hanovre.	3.381	14.734	356,85
Westphalie.	1.954	6.385	228,62
Hesse-Nassau.	2.660	15.327	262,00
Provinces rhénanes. . . .	7.695	50.470	189,77
Unterharz ($^4/_7$).	»	8.083	10,67
Totaux et moyennes.	16.523	112.844	222,70

Cuivre. — La production des minerais de cuivre a augmenté de 9 p. 100. Les quatre cinquièmes de la production appartiennent au pays de Mansfeld (Saxe), comme il ressort du tableau suivant :

PROVINCES.	NOMBRE d'ouvriers.	POIDS extrait.	VALEUR par tonne.
		tonnes.	francs.
Silésie.	74	7.203	83,37
Saxe.	5.931	234.725	33,25
Hanovre.	»	544	207,50
Westphalie.	427	40.382	5,50
Hesse-Nassau.	177	9.728	7,35
Provinces rhénanes.	160	2.071	58,57
Unterharz ($^4/_7$).	139	5.625	53,02
Totaux et moyennes.	6.908	300.278	28,90

Minerais divers. — La production et la valeur des autres mine-

rais ont généralement diminué. Ainsi, pour la *pyrite de fer*, on observe une baisse de 10,6 p. 100 dans la production et de 18,2 p. 100 dans la valeur, par suite de la concurrence des minerais espagnols sur les marchés où s'approvisionnent les fabriques d'acide sulfurique des bords du Rhin. La même concurrence a fortement pesé sur les minerais de *manganèse*. La production des minerais de cobalt, d'arsenic, de vitriol et d'asphalte est en diminution sensible; celle des minerais de nickel, d'argent et d'or s'est par contre un peu élevée.

Les exploitations d'ardoises et de phosphorite dans le district de Bonn ont été très-florissantes.

II. — SALINES.

Sur les 80.628 tonnes de sel gemme produites par les mines, 17.155 tonnes ont été raffinées. Les salines, qui traitent en outre des eaux salées, ont produit en 1876 :

MATIÈRES.	POIDS.	VALEUR.
	tonnes.	francs.
Chlorure de sodium.	224.392	7.096.545
— de potassium.	38	2.304
Sel de Glauber et sulfate de potasse.	354	16.789
Sulfate d'alumine.	400	90.000
Alun.	2.482	540.696

III. — ACCIDENTS.

Les accidents suivis de mort, survenus en 1876 dans les mines et dans les ateliers de préparation qui en dépendent, se répartissent de la manière suivante :

NATURE des exploitations.	NOMBRE D'OUVRIERS employés.	NOMBRE D'OUVRIERS tués. Total.	NOMBRE D'OUVRIERS tués. p. 1000.
Mines de houille.	159.660	451	2,824
— de lignite.	19.322	48	2,484
— métalliques.	53.657	91	1,696
Autres exploitations.	8.226	10	1,216
Totaux et moyennes.	240.865	600	2,491
Moyennes des dix dernières années.	215.624	535	2,483

En rapprochant ces chiffres des quantités extraites, on trouve qu'il y a eu un homme tué pour les productions suivantes :

NATURE DES EXPLOITATIONS.	POIDS.	VALEUR.
	tonnes.	francs.
Mines de houille.	76.611	628.505
— de lignite.	187.190	817.766
— métalliques.	40.434	829.685
Moyennes.	80.027	674.932

Le tableau suivant indique la répartition des accidents, d'après les causes qui les ont produits :

NATURE des exploitations.	NOMBRE d'ouvriers	TRAVAIL à la poudre		CHUTES de blocs.		PLANS inclinés.		PUITS.	
		total.	p. 1000.	total.	p. 1000.	total.	p. 1000.	total.	p. 1000.
Mines de houille.	159.660	27	0,169	182	1,140	56	0,351	76	0,476
— de lignite.	19.322	»	»	27	1,397	»	»	5	0,259
— métalliques. . . .	53.657	2	0,037	47	0,876	2	0,037	27	0,503
Autres exploitations. . . .	8.226	»	»	5	0,608	»	»	2	0,243
Totaux et moyennes	240 865	29	0,120	261	1,084	58	0,241	110	0.457
Moyennes de 1871-1876.	235.335	28	0,118	226	0,960	59	0,251	125	0,531

NATURE des exploitations.	GALERIES de roulage.		GRISOU.		MAUVAIS air.		PAR des machines		COUPS d'eau.		AU jour.		ACCI-DENTS divers.		TOTAL général.	
	total.	p. 1000.	total.	p. 1000.	total.	p. 1000.	total.	p. 1000.	total.	p. 1000.	total.	p. 1000.	total.	p. 1000.	total.	p. 1000.
Mines de houille.	11	0,069	27	0,169	16	0,100	9	0.056	7	0,048	29	0,182	11	0,069	451	2.824
— de lignite.	1	0,052	»	»	6	0,311	3	0,155	1	0,052	5	0,259	»	»	48	2,484
— métalliques. . . .	»	»	»	»	»	»	2	0,037	»	»	7	0,130	4	0,075	91	1,696
Autres exploitations. . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	0,122	2	0,243	10	1,216
Totaux et moyennes	12	0,050	27	0,112	22	0,091	14	0,058	8	0 033	42	0,174	17	0,071	600	2,491
Moyennes de 1871-1876.	17	0,072	37	0,157	16	0,068	14	0,059	6	0,025	42	0,178	17	0,072	587	2,494

IV. — USINES.

La situation de l'industrie du fer a continué à empirer en 1876. La production des hauts-fourneaux a diminué de 5,3 p. 100, la

valeur des produits de 18,7 p. 100. Les usines de l'ouest ont eu à souffrir de la concurrence des usines lorraines, celles de l'est de la Prusse de la diminution des exportations en Russie et en Autriche.

La production des usines à zinc, à plomb et à cuivre a augmenté. Le tableau suivant fait d'ailleurs connaître, pour chaque métal, le nombre des usines, celui des ouvriers occupés, la production et la valeur des produits :

NATURE des matières produites.	NOMBRE des usines.	NOMBRE des ouvriers.	POIDS extrait de minerais indigènes.	POIDS extrait de minerais étrangers.	POIDS total.	VALEUR.
			tonnes.	tonnes.	tonnes.	francs.
Fonte au combustible minéral.	65	11.750	1.172.041	90.302	1.262.343	98.874.065
Fonte au combustible végétal.	50	2.868	48.845	629	49.474	9.095.170
Fonte aux deux combustibles.	7	119	12.549	»	12.549	1.[illegible].397
Total.	122	14.737	1.233.406	90.931	1.324.337	109.197.462
Zinc.	33	6.825	78.964	4.076	83.040	43.414.028
Plomb.	17	2.620	63.472	6.735	70.207	36.439.[illegible]
Cuivre (mattes et cuivre noir compris).	15	1.259	8.078	156	8.234	15.700.570
Argent.	3	267	97.5	11	108,5	21.374.794
Or.	»	»	47 kil.	77 kil.	124 kil.	434 651
Nickel, speiss, etc.	4	177	131 t.	168 t.	299 t.	2.544.066
Bleu de cobalt.	1	12	5	6	11	1.567
Cadmium.	»	»	2	»	2	35.139
Etain.	»	»	88	»	88	57.506
Produits arsenicaux.	1	7	133	»	133	[illegible]
Soufre.	»	»	237	»	237	82.365
Acide sulfurique.	19	1.117	60.326	1.144	61.470	6.0[illegible].150
Sels vitrioliques.	2	54	2.973	30	3.003	1.050.757
Totaux.	[illegible]	27.075	»	»	»	296.448.171

Les 1.324.337 tonnes de fonte brute produites en Prusse, augmentées de 517.892 tonnes importées, soit en tout 1.842.229 tonnes ont été élaborées, de manière à donner les produits suivants :

MATIÈRES PRODUITES.	POIDS.	VALEUR.
	tonnes.	francs.
Fonte de première fusion.	29.380	7.057.049
Fonte moulée en deuxième fusion.	297.673	71.204.314
Fer puddlé.	768.252	127.171.890
Acier brut.	126.500	24.404.865
Acier fondu.	242.945	61.207.180
	1.464.750	291.045.298

En outre on a produit, au moyen de vieux fers, loupes, riblons, etc., 130.516 tonnes de fer valant 28.637.981 francs.

Sur 338 hauts-fourneaux construits, 172 seulement ont été en feu, savoir 115 hauts-fourneaux au coke, 50 au charbon de bois, 7 aux deux combustibles. La production moyenne d'un haut-fourneau a été de 7.700 tonnes. Chaque fourneau est resté allumé, en moyenne, pendant 9 mois, 8. Pour l'élaboration de la fonte, on a employé 886 cubilots, 85 fours de fusion à réverbère, 1.542 fours à puddler, 59 feux d'affinerie, 32 fours Bessemer, 7 fours Martin, 2 fours de cémentation, 30 fours de fusion à creusets.

Le nombre des ouvriers occupés dans l'ensemble des usines métallurgiques a été de 103.891, savoir :

Production de la fonte	14.737	ouvriers.
Fonderies de deuxième fusion	22.137	—
Forges	35.851	—
Aciéries	18.571	—
Total des usines à fer	91.306	ouvriers.
Métaux autres que le fer	12.585	—
	103.891	ouvriers.

(*Extrait par* M. H. Kuss, *ingénieur des mines, du* « Zeitschrift für das Berg, Hütten und Salinenwesen im preussischen Staate » tome XXV, année 1877.)

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA SUÈDE POUR L'ANNÉE 1875.

§ 1. — INDUSTRIE DU FER.

A. — Extraction des minerais.

Le nombre total des mines de fer exploitées en 1875 s'est élevé à 904 ; 550 d'entre elles ont livré aux usines 807.506 tonnes de minerai en roche, principalement formé de magnétite et 14.935 tonnes de minerai hydroxydé en grains, désigné en Suède sous le nom de *minerai des lacs et des marais*. La répartition de ces deux classes de minerai dans les divers centres miniers de la Suède est donnée par le tableau suivant :

Production des minerais de fer en 1875.

DISTRICTS.	NOMBRE total des mines exploitées.	NOMBRE des mines ayant produit du minerai.	PRODUCTION totale du minerai dans chaque district.	NOMS des mines principales.	PRODUCTION de chaque mine.	OBSERVAT[IONS]
Minerais en Roche.						
			tonnes.		tonnes.	
Norrbotten. . . .	6	6	714	Gellivara.	47	La productio[n]
Vesterbotten. . .	49	0	»	Carl.	667	de minerai
»	»	»	»	»	»	roche est
Vesternorrland..	3	3	1.066	Ulfö.	»	114,617 tonn[es]
Jemtland.	3	2	53	»	»	férieure à c[elle de]
Gefleborg.	39	16	22.734	Nyäng.	9 026	l'année 187[4].
Upsala.	57	40	45.264	Dannemora.	32.218	
				Skedika.	6.299	Celle du m[inerai]
Stockholm. . . .	127	25	29.699	Herräng.	5.674	en grain
				Utö.	10 925	au contrai[re]
				Vinkärn.	20 413	10,636 tonn[es]
				Ormbergsfältet. . .	33.751	périeure 1
				Grängebergsfältet.	19.764	de 1874.
				Ivikefältet.	8.204	
Kopparberg. . . .	215	135	224.697	Gräsbergfältet. . .	12 653	
				Hästberg.	10.341	
				Bern.	12 496	
				Bispberg.	13.983	
				Rällingsberg. . . .	8.264	
				Långwik.	7.023	
				Risbergsfältet. . .	29.428	
Vestmanland. . .	72	64	123.054	Morbergsfältet. . .	14.127	
				Klackbergsfältet. .	22.887	
				Lombergsfältet. . .	7.051	
				Stripgrufvefältet. .	25 544	
				Klackafältet.	8.678	
Oerebro.	213	149	213.513	Stribergsfältet. . .	40.628	
				Ringshyttefältet. .	9 483	
				Fogdhyttefältet. . .	8.158	
				Pershyttefältet. . .	8.978	
				Dalkarlsbergsfältet	16.132	
				Nordmarksfältet. .	11.072	
Vermland.	58	58	109.024	Tabergsfältet. . . .	5 356	
				Enggrufvefältet. . .	11 481	
				Persbergsfältet. . .	44.511	
Södermanland. .	18	15	17.594	»	»	
Oestergötland. . .	7	7	8.051	»	»	
Kalmar.	2	2	2.032	»	»	
Jönköping. . . .	33	28	10.011	Taberg.	9.866	
Christianstad.. .	1	0	»	»	»	
Kronoberg. . . .	1	0	»	»	»	
Total. . . .	904	550	807.506	»	»	
Minerais des lacs et marais.						
Jemtland.	»	»	169	»	»	Alimentant 1
Kalmar.	»	»	566	»	»	— 1
Jönköping. . . .	»	»	6.450	»	»	— 4
Kronoberg. . . .	»	»	7.750	»	»	— 7
Total. . . .	»	»	14.935	»	»	

La quantité totale de minerai exporté pendant l'année 1875, s'est élevée à 27.198 tonnes, soit 1.900 tonnes de plus qu'en 1874.

B. — Fabrication de la fonte.

Le nombre des hauts-fourneaux en activité pendant 1875 a été de 224, ayant travaillé pendant 41.158 jours, et ayant produit en tout 350.538 tonnes de fonte, ce qui fait 22.688 tonnes de plus qu'en 1874.

Production de la fonte en 1875.

DISTRICTS.	NOMBRE de hauts-fourneaux		DURÉE de la marche.	PRODUCTION DÉCLARÉE.		
	en chômage.	en activité.		Fonte en saumons.	Moulages en 1re fusion.	Total.
			jours.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Norrbotten.	4	3	305	1.733	129	1.862
Vesterbotten. . . .	1	3	405	2.696	379	3.075
Vesternorrland. .	»	6	851	6.220	92	6.312
Jemtland.	»	2	54	95	15	110
Gefleborg.	8	25	4.732	46 309	563	46.873
Upsala.	4	7	1.178	10.228	215	10.443
Stockholm.	3	2	329	2.602	16	2.618
Kopparberg. . . .	20	47	7.742	69 520	635	70.155
Vestmanland. . .	12	19	3.210	29.771	320	30.091
Œrebro.	22	51	11.554	96.497	2.929	99.426
Skaraborg.	»	1	195	1.161	11	1.172
Vermland.	10	24	5.314	46.235	505	46.740
Elfsborg	»	2	282	1.940	67	2.010
Södermanland . .	9	5	782	4 376	184	4.560
Œstergötland. . .	»	4	1.522	13.414	309	13.723
Calmar.	5	6	772	4.320	70	4.391
Jönköping.	2	10	1.181	4 338	134	4.473
Kronoberg.	1	7	750	2.153	352	2.505
Totaux. .	101	224	41.158	343.612	6.926	350.538
Totaux correspondants pour 1874.	104	217	39.164	322.009	5.840	327.849
Différence en faveur de 1875. . .	3	7	1.994	21.603	1.086	22 689

OBSERVATIONS.

La plus grande production a été obtenue dans le haut-fourneau de Hofors, qui a donné dans l'année un total de 7.862 tonnes ; soit, en moyenne, 15t.2 par jour de travail. La production la plus faible a été réalisée dans un haut-fourneau de Jemtland, qui n'a donné en tout que 32 tonnes, correspondant à une production journalière de 1t.658. La durée moyenne de l'activité des hauts-fourneaux en 1875 a été de 184 jours, et leur production journalière moyenne de 7t,96.

En 1874, la durée et la production journalière moyennes des hauts-fourneaux avaient été respectivement de 180 jours et de 8t,4; la production journalière a donc de nouveau un peu diminué, après avoir augmenté d'une manière continue depuis 1864, où elle n'était que de 6t,8.

Près de la moitié des usines dans lesquelles la fonte a été produite, avec 102 hauts-fourneaux ayant donné, en 1875, 163.115 tonnes de fonte, sont placées dans le voisinage immédiat des mines dont elles traitent les minerais. Les autres usines, comprenant 122 hauts-fourneaux, avec une production de 187.430 tonnes de fonte, sont disséminées en divers points du territoire, leur emplacement étant déterminé par la distribution des forêts qui leur fournissent le combustible.

La plus grande partie de la fonte produite (près des $\frac{3}{4}$), est affinée pour fer ou acier dans le pays même ; une faible partie seulement, 17.322 tonnes, sont transformées en produits de moulage par une deuxième fusion, dans 60 fonderies spéciales ; enfin 48.655 tonnes (soit 6.855 tonnes de plus qu'en 1874) sont exportées à l'étranger.

C. — Fabrication du fer.

Dans l'année 1875, 318 usines, comprenant 754 bas foyers et 16 fours de puddlage, ont été en activité, et ont fabriqué 189.859 tonnes de fer en barres, dont la production se répartit comme suit dans les divers districts :

Fabrication du fer en 1875.

DISTRICTS.	FORGES en chômage.	FORGES en activité.	FOURS ou foyers.	PRODUCTION déclarée.	OBSERVATIONS.
				tonnes.	
Norrbotten.	1	7	9	364	
Vesterbotten. . . .	3	4	7	1.080	
Vesternorrland. . .	7	12	21	3.140	
Jemtland.	»	2	2	48	
Gefleborg.	21	42	108	19.025	
Upsala.	3	10	38	6.063	
Stockholm.	2	5	14	3.418	
Kopparberg.	21	41	94	19.509	
Vestmanland. . . .	22	25	76	28 449	
Œrebro.	25	42	119	43.629	
Skaraborg.	5	5	7	798	
Vermland.	50	46	127	32.422	
Elfsborg.	7	8	14	4.090	
Göteborrg et Bohus.	2	»	»	»	
Södermanland. . .	6	7	11	1.216	
Œstergötland. . . .	12	21	54	12.978	Dont 8 fours à puddler.
Calmar.	3	14	32	5.564	Dont 8 fours à puddler.
Jönköping.	3	15	23	2.189	
Kronoberg.	2	10	11	944	
Blekinge.	»	2	3	4.935	
Totaux. . . .	195	318	770	189.859	
Totaux correspondants pour 1874.	204	302	727	167.645	
Différence en faveur de 1875. . .	9	16	43	22.214	

La production moyenne par usine et par feu a donc été respectivement de 593 et de 247 tonnes. Les chiffres correspondants pour 1874 avaient été de 555 et de 230 tonnes seulement.

La plus forte production, 8.225 tonnes, a été atteinte dans l'usine de Bofors et Björkborn (district d'Œrebro), et la plus faible a été réalisée dans une usine du district de Calmar qui n'a produit que $3^{t},5$.

Les chiffres du tableau précédent ne comprennent pas les produits d'un certain nombre de forges qui, depuis quelques années, fabriquent, dans une proportion rapidement croissante, des massiaux, lesquels sont ultérieurement élaborés et finis dans d'autres usines pourvues de laminoirs, ou quelquefois exportés directement.

Les quantités suivantes de ces massiaux ont été l'objet de déclarations spéciales.

DISTRICTS.	NOMBRE DE TONNES.
Gefleborg.	15.581
Upsala.	537
Stockholm.	39
Kopparberg.	14.902
Vestmanland.	12.675
Œrebro.	5.615
Vermland.	14.587
Elfsborg.	2.131
Œstergötland.	1.585
Calmar.	1.059
Total.	68.711

D. — Fabrication de l'acier.

La plus grande partie de l'acier obtenu en Suède en 1875, a été fabriqué par le procédé Bessemer. Les autres méthodes d'élaboration de l'acier, le procédé Martin, la cémentation, la méthode Uchatius, et même le puddlage, perdent de plus en plus leur importance, et ne s'appliquent plus qu'à des produits exceptionnels. Le tableau suivant donne la répartition de ces diverses sortes d'aciers dans les différents districts :

Fabrication de l'acier en 1875.

DISTRICTS.	NOMBRE d'usines.	ACIER BESSEMER. Quantité totale déclarée.	ACIER BESSEMER. Usines principales de chaque district.	ACIER BESSEMER. Production de ces usines.	ACIER Martin. Quantités déclarées.	ACIERS divers. Quantités déclarées.
		tonnes.		tonnes.	tonnes.	tonnes.
Vesternorrland. .	1	»	»	»	0,175	13 (1)
Gefleborg.	3	8.637	Iggesund. . . .	1.367	»	»
Idem.	»	»	Forsbacka. . .	1.440	»	»
Idem.	»	»	Sandwiken.. .	5.819	»	»
Upsala.	2	»	»	»	»	158 (2)
Kopparberg. . . .	8	5.814	Svartnaess. . .	461	»	159 (3)
Idem.	»	»	Abäckshyttan.	2.846	»	»
Idem.	»	»	Ulfshyttan. . .	1.699	»	»
Vestmanland. . .	3	2.917	Vestanfors. . .	2.917	»	744 (4)
Œrebro.	3	34	»	»	»	100
Vermland.	7	2.598	Björneborg.. .	2.255	34,000	376
Elfsborg.	2	»	»	»	»	248
Œstergötland. . .	4	»	»	»	»	183
Totaux. . . .	33	19.370	»	»	34.175	1.981

(1) Acier cémenté.
(2) Dont 15 tonnes d'acier fondu.
(3) Dont 100 tonnes d'acier Uchatius.
(4) Dont 472 tonnes d'acier puddlé.

E. — Fers et aciers ouvrés.

Le travail du fer et de l'acier, a occupé en 1875, 215 usines, principalement réparties dans les districts de Kopparberg, Œrebro, Vermland, Gefleborg, et Œstergotland. Les produits de ces fabrications peuvent être groupés comme suit :

NATURE DU PRODUIT.	QUANTITÉ.	DISTRICTS les plus importants.
	tonnes.	
Rails	2.893	Kopparberg. Oestergötland.
Tôles	9.079	Kopparberg. Vestmanland.
Clous	8.314	Kopparberg. Vermland. Oestergötland. Calmar. Blekinge.
Outils	1.847	Kopparberg. Vestmanland. Vermland. Gœteborg. Calmar.
Produits manufacturés divers	16.110	Gefleborg. Vestmanland. Vermland. Calmar.
Total	38.243	
Total pour 1874	34.306	
Différence en faveur de 1875	3.937	

F. — Mouvement commercial des fers en 1875.

	FERS EN BARRES.	FERS OUVRÉS.	SOMME.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Stock à la fin de 1874	29.754	3.989	33.743
Apport des usines	74.436	21 159	95.595
Totaux	104.190	25.148	129.338
Fer exporté ayant passé aux balances publiques	79.727	17.847	95.774
Fer consommé à l'intérieur du royaume	2.696	1.486	4.182
Stock constaté aux balances publiques à la fin de 1875	21.767	5.815	27.582
Totaux	104.190	25.148	129.338
Totaux correspondants pour 1874	98.081	19.145	117.226
Différence en faveur de 1875	6.109	6.003	12.112

Ce tableau ne comprend que les métaux qui ont passé aux balances publiques des différents ports par lesquels s'est faite l'exportation (Stockholm, Gotembourg, Arboga Koëping, etc.).

§ 2. — EXTRACTION DES MINERAIS AUTRES QUE L'OXYDE DE FER.

DISTRICTS.	NOMBRE de mines.	NOMS DES MINES principales.	POIDS TOTAL du minerai extrait. tonnes.	OBSERVATIONS.
		A. Argent et plomb.		
Kopparberg. . .	4	Svartgrufvan.. .	324	
Vestmanland. . .	5	Sala.	6.564	
Œrebro.	8	Kafveltorpsfältet	911	
Œstergötland. .	19	Åmmebergsfältet	3.339	
Totaux. . . .	36		11.139	
		B. Cuivre.		
Jemtland.	2	Gustaf.	1.087	
Kopparberg.. . .	1	Stora Kopparberg..	20.195	Usine de Falun.
Œrebro.	27	Vehna.	3.374	
Södermanland. .	1	Tunaberg.. . . .	352	
Œstergötland. .	3	Bersbo et Staffenberg.. . . .	3.738	Usine d'Åtvidaberg.
Calmar.	8	Grönhög.	1.045	
Totaux. . . .	42		29.791	
		C. Nickel.		
Vestnorrland.. .	1	Lunnegrufvan. .	53	
Kopparberg.. . .	7	Slättberg, Kuso.	4.489	
Jönköping. . . .	1	Klefva.	3.246	
Totaux. . . .	9		7.788	
		D. Cobalt.		
Œrebro.	3	Vehna..	38	
Calmar.	1	Gladhammar.. .	36	
Totaux. . . .	4		74	
		E. Zinc.		
Kopparberg.. . .	3	Stolberg.	301	
Œrebro et Œstergötland.. . . .	23	Åmmeberg. . . .	31.340	Dont 31.212 t. à Åmmeberg appartiennent à la Vieille-Montagne.
Totaux.. . .	26		31.642	

EXTRACTION DES MINERAIS (suite).

DISTRICTS.	NOMBRE de mines.	NOMS DES MINES. principales.	POIDS TOTAL du minerai extrait. tonnes.	OBSERVATIONS.
		F. Manganèse.		
Jönköping. . . .	2	Spexeryd, Hohult.	750	
		G. Pyrites de fer.		
Kopparberg. . . .	1	Storakopparberg	2.356	
Œrebro.	1	Lyekehmman.. .	111	
Jönköping. . . .	1	Hohult	548	
Totaux. . . .	3		3.015	

§ 3. — PRODUCTION DES MÉTAUX AUTRES QUE LE FER.

A. — Or.

L'or n'a été produit que dans la seule usine Konung Gustaf III, qui a donné, en 1875, 4k,178 d'or, soit 1k,064 de plus qu'en 1874.

B. — Argent.

Trois usines ont produit de l'argent en 1875, une quatrième, Hellefors, est en chômage depuis plusieurs années. La production du métal a été de :

Konung Gustaf III à Falun.	313k,897
Löfas.	16 ,170
Sala.	406 ,861
Total.	736k,928

C. — Plomb.

La quantité totale de plomb pur produite en 1875 s'est élevée à 57 tonnes seulement, savoir aux usines de :

Sala.	16 tonnes
à Schisshytte..	32 —
et Löfåsen.	9 —
Total.	57 tonnes.

La quantité de plomb d'œuvre produite en 1873 n'a été déclarée que pour quelques usines, dont la plus importante est celle de Kafveltorp qui a donné 158 tonnes.

D. — Cuivre.

USINES D'ÉLABORATION.	MINERAIS traités en tonnes.	CUIVRE noir.	CUIVRE Rosette (R) ou affiné (A).
		tonnes.	tonnes.
Gustaf et Carlberg.	1.087	»	36 (R)
Storakopparberg à Falun. . . .	20.176	»	492 (R)
Åtvidaberg (Œstergötland). . .	11.678	375	328 (R) 7,5 (A)
Kafveltorp. . . . . Œrebro.	492	»	49 (R)
Korsnäs (Slagbrückshytta). . . Garpenberg. . . . . Ljusnarsberg. . . . . Bångbro.. . . . . Tunaberg et Valdemarsvick. .	»	»	60 (R)
Total.	»	»	965 (R)

Une partie des cuivres affinés a été laminée ou élaborée définitivement dans 5 usines dont les plus importantes sont Skultuna (Vestmanland) et Granefors (Blekinge), et qui ont produit en tout 221 tonnes de produits divers.

G. — Nickel.

L'usine de Sågmyra (Kopparberg), a produit 25 tonnes de speiss, dont la transformation en nickel s'achève dans l'usine de Victoria à Hangburg (Silésie prussienne). L'usine de Klefva (Jönköping), a traité 2.796 tonnes de mineral qui ont fourni 52 tonnes d'une matte de concentration ultérieurement transformée en nickel et maillechort à l'usine de Losoncz près Fuleck (Hongrie).

F. — Laiton.

La fabrication du laiton s'est élevée en 1875 à 244 tonnes dont près des 4/5e ont été obtenus à l'usine Skultuna.

F. — ZINC.

Les mines d'Åmmeberg (district d'Œrebro et d'Œstergötland), appartenant à la société de la Vieille-Montagne, ont produit, ainsi qu'il a été dit plus haut, 3.339 tonnes de minerai de plomb, et 31.212 tonnes de minerai de zinc. On a extrait de ces minerais 6.568 tonnes de blende massive, et le reste a été enrichi par lavage et a donné 10.347 tonnes de blende lavée. Les fours de grillage, installés à côté des ateliers de préparation métallique, ont produit 9.014 tonnes de blende grillée qui ont été envoyées à Liége pour être transformées en zinc à l'usine de Chenée.

H. — HOUILLE.

Un seul district, celui de Malmöhüs, renferme du combustible minéral. Les quantités exploitées en 1875 ont été les suivantes :

Höganäs	412.636	hectolitres.
Compagnie de Vallökra	212.151	—
— Boserup	22.375	—
— de Kropp	106.946	—
— d'Eslöf	11.850	—
— d'Elsingborg	17.786	—
Total	766.744	hectolitres.

Le tableau suivant résume les divers résultats que nous venons de mentionner, et les complète par quelques indications relatives à des substances d'une importance industrielle moindre, telles que le soufre, les vitriols, l'ocre, l'alun et le graphite.

Production minérale (années 1871 à 1875).

		1871.	1872	1873.	1874.	1875.
Minerais de fer. en roche	ton.	646.778	720.009	825.224	922.118	807.500
Minerais de fer. de lacs et de marais	—	15.764	12.422	5.362	4.299	14.585
Fonte non compris les moulages en première fusion	—	292.964	334.429	339.536	322.009	343.662
Moulages en première fusion	—	5.797	4.980	6.184	5.840	6.926
Moulages en deuxième fusion	—	12.265	13.218	15.127	17.287	17.322
Fers en barres	—	187.693	172.946	175.383	167.645	189.859
Aciers	—	8.542	15.859	16.986	22.948	21.385
Fer et acier ouvrés	—	27.050	32.715	37.887	34.306	38.223
Minerais d'argent et de plomb	—	11.973	9.580	9.850	12.201	11.132
Or	kil.	6,070	6,523	5,677	3.214	4,178
Argent	kil.	974,361	742,632	705,550	739,806	738,928
Minerai de cuivre	ton.	63.987	60.245	38.509	28.834	29.791
Cuivre	—	1.421	1.365	1.112	960	956
Minerai de nickel	—	3.884	5.142	3.786	4.530	1.788
Matte de nickel	—	336	50	55	46	52
Speiss de nickel	—	»	»	»	26,312	25
Nickel cuivreux	—	18,4	29,5	19,2	13,9	»
Laiton	—	156	203	229	254	244
Cuivre travaillé	—	283	243	224	219	221
Moulages en métaux autres que la fonte	—	23	55	46	51	33
Plomb	—	89	43	24	56	57
Minerai de zinc	—	32.115	33.441	27.019	28.198	31.612
Minerai de cobalt	—	»	41	16,6	40,8	74
Minerai de cobalt purifié	kil.	173	583	427	300	32
Manganèse	ton.	389	254	306	641	250
Pyrite de fer	—	640	565	2.554	3.845	3.015
Soufre	—	335	326	352	275	260
Vitriol bleu	—	96	124	104	161	200
Vitriol vert	—	651	623	463	469	406
Ocre rouge	—	1.242	1.178	1.418	1.319	1.438
Alun	—	706	706	585	550	4.494
Graphite	—	47	56	66	39	39
Marbre	valeur en francs.	19.460	20.510	27.050	24.985	27.242
Houille	hectolitres.	521.461	481.596	629.786	714.335	766.744

§ 4. — MAIN-D'ŒUVRE.

L'industrie minéralurgique a occupé, en 1875, un total de 29.551 ouvriers, tant dans les mines que dans les usines. Leur répartition dans les divers districts de la Suède est donnée par le tableau suivant :

Tableau de la main-d'œuvre.

STRICTS.	OUVRIERS employés dans les mines de fer.	OUVRIERS EMPLOYÉS dans les usines à fer.					OUVRIERS EMPLOYÉS dans les mines et usines des autres métaux.				TOTAL général. Hommes, femmes et enfants.
		Hauts-fourneaux.	Forges.	Fonderies et usines d'élaboration.	Divers non spécifiés.	Somme.	Or, argent et plomb.	Cuivre.	Industries métallurgiques diverses.	Somme.	
ootten. . . .	24	42	40	31	»	113	»	»	»	»	137
rbotten . .	»	72	44	33	13	162	»	»	»	»	162
rnorrland. .	11	140	119	131	13	403	»	»	4	4	418
land.	10	14	7	7	»	28	»	77	»	77	115
borg.	274	646	706	374	»	1.726	»	»	57	57	2.057
la.	547	184	297	17	»	498	»	»	»	»	1.045
holm. . . .	507	61	126	612	»	799	»	»	»	»	1.306
arberg. . .	1.547	995	702	276	16	1.989	22	489	252	763	4.299
nanland. . .	869	409	704	176	165	1.451	»	»	455	455	2.778
. . . .	»	»	»	»	»	»	286	»	»	286	286
oro.	2.082	1.023	1.329	230	6	2.588	10	189	666	865	5.535
aborg. . . .	»	18	38	205	»	261	»	»	»	»	261
land.	709	495	1.071	568	31	2.165	»	»	»	»	2.874
org.	»	51	111	110	14	286	»	»	»	»	286
borg.	»	»	»	691	»	691	»	»	»	»	691
rmanland. .	214	89	69	490	»	648	»	24	13	37	899
rgötland. .	78	96	895	417	»	1.408	»	754	161	915	2.401
ar.	13	99	416	527	»	1.042	»	198	132	330	1.385
öping. . . .	72	270	163	149	»	582	»	»	93	93	747
oberg. . . .	1	150	68	158	»	376	»	2	3	5	382
inge	»	»	21	244	»	265	»	5	13	18	283
ianstad. . .	3	»	»	114	»	114	»	»	21	21	138
öhus. . . .	»	»	»	236	»	236	»	»	630	630	866
Total. . .	6.961	4.854	6.926	5.796	258	17.834	318	1.738	2.500	4.556	29.351

Le nombre total des femmes et des enfants employés dans les mines de fer est de 428 seulemennt.

(*Extrait par* M. EDMOND FUCHS, *ingénieur des mines*, *du rapport officiel* « Commerce Collegii Underdånige Berättelse för år 1875 »).

NOTE SUR L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA GRÈCE.

Jusque vers 1860, l'industrie minérale de la Grèce s'est bornée à l'exploitation de l'émeri dans l'île de Naxos, des pierres meulières et du gypse dans l'île de Milos et des lignites près de Koumi (Eubée).

La promulgation de la loi du 22 août 1861, calquée sur la loi française du 21 avril 1810, d'une part, les brillants résultats obtenus, à partir de 1864, par la société franco-italienne H. Roux et Cie, dans le traitement des scories anciennes du Laurium, d'autre part, excitèrent en Grèce un vif intérêt pour les richesses minérales, jusque-là réservées au gouvernement seul. De 1865 à 1874, 367 concessions furent instituées, savoir :

82	concessions de mines	de plomb.		34	concessions de mines	de manganèse.
30	—	—	de fer.	6	—	—	de nickel.
101	—	—	de fer chromé.	63	—	—	de lignite.
46	—	—	de cuivre.	5	—	—	de soufre.

Jusqu'ici peu de ces concessions sont productives. Les chiffres suivant, extraits d'un rapport rédigé d'après les statistiques officielles par M. Lidoriki, montrent que la seule production importante est celle du plomb au Laurium.

I. — Établissements de l'État.

1) *Exploitation de l'émeri dans l'île de Naxos.* — 500 ouvriers y sont occupés une partie de l'année, on les paye à raison de 2,5 drachmes par kantar (55 kilog.) d'émeri rendu à la côte. La production est d'environ 3.300 tonnes par année, valant 727.000 drachmes et donnant à l'État un bénéfice de 572.000 drachmes.

2) *Carrières de l'île de Milos.* — Les carrières de meulières donnent environ 30.000 meules, valant en moyenne 2 drachmes chacune, par année. On extrait de 165 à 195 tonnes de gypse, valant 17.500 drachmes. Le produit brut des carrières de Milos est donc d'environ 77.500 drachmes ; le produit net, de 58.280 drachmes.

3) *Sel marin.* — Production annuelle. . . . 12.500 tonnes.
Valeur (sans l'impôt). . . 500.000 drachmes.
Bénéfice. . . . . 300.000 drachmes.

L'ensemble des exploitations minérales de l'État lui rapporte environ 930.000 drachmes de produit net.

II. — Établissements particuliers.

Mines de plomb et de zinc. — Aucune mine n'est encore entrée dans la période d'exploitation régulière. Les mines du Laurium ne semblent plus contenir que des minerais de plomb pauvres ; elles seraient, par contre, riches en calamine.

Mines de fer. — L'absence de la houille ne permet d'exploiter que les mines de fer placées dans des conditions exceptionnelles

de qualité et de situation. Le riche amas de Sériphos à donné lieu à un commencement d'exploitation : 37.500 tonnes de minerai ont été exportées en Angleterre en 1874.

Fer chromé. — Le seul gisement important paraît être celui de l'Eubée, où l'on extrait annuellement 1.650 tonnes environ valant 180.000 drachmes. Le fer chromé y forme des nids irréguliers dans la serpentine.

Le *cuivre*, le *manganèse* et *le nickel* n'ont encore donné lieu à aucune exploitation sérieuse.

Lignite.— Les gisements principaux sont ceux de Koumi (Eubée) et d'Oropos, près de Thèbes. Koumi ne produit encore qu'environ 6.000 tonnes, Oropos 1.500 tonnes par année.

Soufre. — L'île de Milos produit annuellement 27.500 tonnes de soufre, valant 110.000 drachmes, et 16.500 tonnes de terre sulfureuse valant 6.000 drachmes.

Parmi les minières (?), il y a lieu de citer les exploitations de *pouzzolane* à Santorin (27.500 tonnes valant 330.000 drachmes), de *magnésite*, dans le nord de l'Eubée (6.200 tonnes valant 35.000 drachmes), de *Kömolite* (terre à foulon), de l'île Kimolos (valeur 7.550 drachmes) ; parmi les carrières, celles de *pavés* et de *pierres à bâtir* (30.000^{m3} valant 90.000 drachmes), et celles de marbre (1.000^{m3} valant 100.000 drachmes).

La valeur totale des produits des mines, minières, carrières et salines ne dépasse pas 2.313.000 drachmes.

Les usines à plomb du Laurium ont produit jusqu'à 10.000 tonnes par année, valant de 470 à 475 drachmes par tonne. On sait qu'on retire ce plomb des scories anciennes. Depuis que les établissements du Laurium ont passé entre les mains d'une nouvelle société (1873), la production semble avoir un peu diminué, mais la valeur aurait augmenté, à cause de la teneur en argent, plus forte dans le plomb extrait des *ekvolades* (résidus de lavages anciens), que dans celui retiré des scories. Quoi qu'il en soit, la valeur des produits des usines du Laurium l'emporte encore de beaucoup sur celle des produits des mines du reste de la Grèce.

(*Traduit par extraits, par* M. H. Kuss, *ingénieur des mines*, d'un article de M. Nasse, *dans le* « Zeitschrift für das Berg, Hütten und Salinenwesen im preussischen Staate », tome XXV, p. 669.)

Accidents survenus dans l'emploi des appareils

NUMÉROS d'ordre	DATE de l'accident	*A.* Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé; *B.* Nom du propriétaire de l'appareil; *C.* Nom du constructeur id.	NATURE, forme et destination de l'appareil. **Détails divers.**
1	1877 17 avril.	*A.* Filature de coton, à Braine-le-Comte; *B.* MM. Gillis frères; *C.* M. Duez, à Jemmapes.	Chaudière fournissant la vapeur à une machine de l'usine. Horizontale, avec deux tubes intérieurs servant de carneaux. Longueur de la chaudière et des tubes, 5^m 10; diamètre de la chaudière, 1^m 25; des tubes, 0^m [illegible] — Pression du timbre : 4 atmosphères. La chaudière date de 1865. Elle était placée, depuis peu de temps, dans la filature Gillis lors de l'explosion, mais n'était pas autorisée à y fonctionner. Elle avait subi une épreuve à la double pression, le 27 mars 1877.
2	2 août.	*A.* Charbonnages réunis de Charleroi : Puits Sainte-Barbe, à Charleroi; *B.* Société anonyme des charbonnages réunis de Charleroi; *C.* Société anonyme de Couillet, à Châtelineau.	Chaudière faisant partie d'un groupe de dix générateurs accolés deux à deux sur cinq foyers et destinés à l'alimentation des machines du puits. Placée en 1873, éprouvée en 1868. Cylindrique, horizontale à bouts bombés, avec un tube réchauffeur. Longueur du corps principal, 15^m 70; du tube, 13^m 70; diamètre du corps principal, 1^m; du tube, 0^m 80. — Pression maximum : 4 atmosphères.
3	6 octobre.	*A.* Fonderie de fer, rue Courte de la Bruyère, n° 12, à Malines; *B.* M. Boey; *C.* M. Jean Jacques, à Montigny-sur-Sambre.	Chaudière cylindrique de 3^m 50 de longueur et de 0^m 70 de diamètre, surmontée d'un dôme de 0^m 50 de hauteur et de 0^m 53 de diamètre. Les extrémités étaient fermées par des calottes bombées.

à vapeur en Belgique pendant l'année 1877.

EXPLOSION.

Circonstances.	Suites.	Causes présumées.
L'accident s'est produit le second jour de la mise en marche. On avait alimenté la chaudière 10 minutes auparavant; le tube indicateur indiquait 7 à 8 centimètres d'eau au-dessus du niveau normal, et le manomètre marquait 3 à 3 $^1/_2$ atmosphères. La porte du foyer ayant été ouverte pour le nettoyage de la grille, le tube intérieur de droite se déchira sur toute sa longueur, suivant quatre de ses génératrices, dont deux situées dans le plan diamétral vertical et deux dans le plan diamétral horizontal. Ces bandes se sont aplaties et repliées les unes sur les autres verticalement. La chaudière est restée intacte; mais elle a glissé sur son assise d'une trentaine de centimètres et a tourné sur elle-même d'environ $^1/_6$ de tour, en relevant le tube détruit. L'eau et la vapeur ont jailli à 20 mètres de là jusqu'au second étage d'une maison voisine.	Le chauffeur a été grièvement brûlé à la figure, au côté droit et aux bras, et lancé à 5 ou 6 mètres de distance. Une partie des maçonneries et la devanture de la chambre de la chaudière ont été arrachées.	Amincissement de plusieurs tôles et mauvaise qualité de l'une d'elles. L'absence d'armature de consolidation du tube a probablement favorisé la production de l'accident.
Huit chaudières étaient en marche sous la conduite de deux chauffeurs. Le chauffeur qui avait dans son service la chaudière n° 3, celle qui a fait explosion, avait ouvert la vanne d'alimentation et, persuadé que l'alimentation se faisait régulièrement, il s'occupait à amener le combustible sur l'aire du chauffage. La vanne était ouverte depuis 20 minutes environ lorsque l'attention du chauffeur fut attirée par un bruissement sec et de courte durée, accompagné d'un léger jet de vapeur dans le cendrier et suivi, après quelque temps, d'un second bruissement plus fort et d'un nouveau jet de vapeur plus abondant. Il prit la fuite, ainsi que son compagnon, et à peine s'étaient-ils éloignés que la chaudière se déchira en deux tronçons à la troisième rivure transversale comptée de l'avant. Le tronçon antérieur, d'environ 3m 60 de longueur, fut projeté à 4 ou 5 mètres de distance et vint s'appuyer, dans une position à peu près verticale, contre le bâtiment des machines; la tôle du foyer était déchirée et partiellement développée. Le reste de la chaudière n'avait subi qu'un mouvement de recul qui avait suffi pour briser une partie de la tuyauterie. L'examen des deux tronçons a prouvé que le générateur a subi une dilatation anormale. On a constaté, par les traces laissées sur le fer, qu'il restait à peine 8 centimètres d'eau dans la chaudière au moment de l'explosion; on voyait, par l'aspect et la couleur de la tôle déchirée, que cette tôle avait rougi.	Il n'y a eu que des dégâts matériels peu importants.	Manque d'eau dans la chaudière.
Le 6 octobre, vers 9 heures et demie du matin, au moment où on se préparait à faire marcher la machine, survint une explosion foudroyante. La chaudière fut brisée en douze pièces dont plusieurs furent projetées à de grandes distances; le bâtiment de la fonderie a été détruit.	Un ouvrier a été tué. Le propriétaire et un second ouvrier ont été blessés. Ils sont guéris de leurs blessures.	Cause directe difficile à préciser : on doit toutefois noter que la chaudière était assez détériorée; les tôles du foyer étaient plus ou moins amincies et, en certains endroits, notablement corrodées et présentant un dédoublement dans l'épaisseur.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA BELGIQUE

POUR LES ANNÉES 1875 ET 1876.

HOUILLE.

CONSISTANCE ET PRODUCTION DES MINES.		1875.	1876.
Nombre des mines.	Actives	175	180
	Inactives	105	96
Superficie moyenne des concessions (hectares)		513,85	513,16
Nombres des siéges d'exploitation	En activité	322	306
	En réserve	88	88
	En construction	59	60
	Total	463	454
Profondeur moyenne des étages inférieurs d'exploitation actifs		350	340
Nombre des machines à vapeur		1.663	1.766
Force en chevaux		92.313	99.382
Nombre des ouvriers	A l'intérieur	84.732	82.766
	A la surface	25.988	25.777
	Ensemble	110.720	108.543
Salaire moyen	A l'intérieur	4f,18	3f,73
	A la surface	2 ,76	2 ,72
Production	Totale (tonnes)	15.011.331	14.329.578
	Valeur (francs)	229.840.126	194.118.653
	Par puits actif	46.619	46.829
	Par ouvrier	135 1/2	132
Prix moyen de la tonne		15,31	13,55
Prix de revient de la tonne	Frais ordinaires d'exploitation	12,44	11,40
	Dépenses extraordinaires	2,01	1,88
	Dépense totale	14,45	13,28

La production des houillères belges a atteint son chiffre le plus élevé en 1873, elle montait alors à 15.778.401 tonnes, d'une valeur totale de 337.637.630 francs. La valeur correspondante de la tonne qui était de 13f,32, en 1872, s'était élevée brusquement à 21f,40 en en 1873, à la faveur de la crise houillère. Dès l'année suivante, le prix de la tonne de houille redescendait à 16f,42, tandis que la production, tout en décroissant, se maintenait à un chiffre élevé (14.669.029 tonnes).

La production s'est un peu abaissée, en 1876. Elle s'est répartie de la façon suivante :

	tonnes.
Hainaut	10.486.660
Liége	3.367.943
Namur	474.975
Total	14.329.875

Les bénéfices exorbitants qu'ont fait les propriétaires des charbonnages, en 1872 et surtout en 1873, ont été suivis de pertes considérables qui ont affecté, en 1876, plus de la moitié des concessions, ainsi qu'il ressort du tableau ci-dessous, comprenant les six dernières années :

ANNÉES.	RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION DES MINES DE HOUILLE.							
	MINES EN GAIN.		MINES EN PERTE.		BÉNÉFICE NET		BÉNÉFICE NET	
	Nombre.	Bénéfice.	Nombre.	Déficit.	général.	par tonne.	par puits actif.	par ouvrier.
		francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
1871	106	17.114.655	62	2.824.575	14.290.080	1,04	46.396	152
1872	128	37.633.208	39	2.104.344	35.528.864	2,27	112.079	360
1873	142	96.997.695	35	3.502.798	93.494.897	5,93	294.936	866
1874	111	31.529.390	68	8.567.125	22.962.265	1,56	72.436	209
1875	104	23.644.540	71	10.748.232	12.896.308	0,86	40.051	116
1876	84	14.245.219	96	10.487.380	3.757.839	0,26	12.208	34

On trouve la cause de cette situation critique dans l'augmentation subite des quantités de charbons étrangers importés en Belgique, depuis 1873, comme le montre le tableau suivant, pour la même période :

Production, importation et consommation indigène en combustibles minéraux.

ANNÉES.	IMPORTATION.			PRODUCTION et importation.	EXPORTATION.			CONSOMMATION et stock ou provision indigène.
	Houille.	Coke.	Ensemble.		Houille.	Coke.	Ensemble (1).	
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1871	200.789	3.193	205.350	13.938.526	3.678.024	508.180	4.403.995	9.534.531
1872	210.829	8.041	222.316	15.881.264	4.608.016	749.072	5.678.119	10.203.145
1873	671.836	24.312	706.567	16.484.968	4.157.903	801.820	5.303 360	11.181.608
1874	454.869	8.790	467.420	15.136.449	3.902.385	599.020	4.758.127	10.378.322
1875	704.178	20.262	733.123	15.744.454	4.063.960	645.787	4.986.512	10.757.942
1876	805.580	26.716	843.746	15.173.324	3.828.482	571.123	4.644.372	10.538.952

(1) La conversion du coke en houille a été faite à raison du rendement de 70 kilog. de coke pour 100 kilog. de houille.

Ce sont les houilles anglaises et prussiennes qui ont été principalement importées en Belgique. Il a suffi d'en introduire des quantités modérées, et de les livrer à bas prix, pour déterminer la dépréciation des combustibles indigènes.

Voici le détail des importations pour 1876 :

PROVENANCE.	COMBUSTIBLES IMPORTÉS.
	tonnes.
Prusse.	309.506
Pays-Bas.	1.312
Angleterre.	434.357
France.	98.561
Autres provenances.	10
Total.	843.746

L'exportation a été de 4.644.372 tonnes; elle a eu lieu, pour la plus grande partie, en France (4.144.860 tonnes).

MINES MÉTALLIFÈRES.

MINES.		ANNÉES. 1875.	1876.
Nombre des siéges d'exploitation en activité.		48	48
Machines à vapeur.	Nombre.	53	53
	Force en chevaux.	4.193	4.191
Nombre des ouvriers.	A l'intérieur.	1.478	1.323
	A la surface.	1.448	1.471
	Ensemble.	2.926	2.794
Salaire annuel moyen.	A l'intérieur.	963	924
	A la surface.	664	681

Production des mines concédées.

DÉSIGNATION DES MINERAIS.	1875. Poids.	1875. Valeur.	1876. Poids.	1876. Valeur.
	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
Fer lavé.	23 896	130.206	14.460	75.640
Plomb.	10.567	2.004.862	12.422	1.702.083
Calamine.	23.754	1.454.715	15 974	943.789
Blende.	18.750	1.422.730	21.739	1.611.255
Pyrites de fer.	30.747	807.157	23.588	565.674
Totaux	107.714	5.819.670	88.183	4.899.441

L'exploitation des mines métallifères a eu lieu principalement dans la province de Liége, d'où l'on a extrait, en 1876 :

	tonnes.
Minerais de fer lavé	14.460
— de plomb	6.902
Calamine	15.974
Blende	21.739
Pyrites de fer	8.983
Total	68.058

La province de Namur a fourni 5.520 tonnes de minerai de plomb et 12.545 tonnes de pyrites de fer. On n'a tiré des mines du Luxembourg, que 2.060 tonnes de pyrites. Aucune mine métallifère n'a été exploitée dans le Hainaut.

En 1872, la production totale de ces divers minerais s'était élevée, pour la Belgique, à 162.969 tonnes d'une valeur de 7.135.357 fr. Le minerai de fer y entrait pour 54.613 tonnes. Depuis lors, l'exploitation s'est restreinte chaque année, sauf pour la blende.

MINIÈRES DE FER.

Les minerais de fer ont été en outre et surtout exploités librement, dans 52 communes, en 1875; dans 41 communes, en 1876.

MINIÈRES.		ANNÉES.	
		1875.	1876.
Nombre des siéges d'exploitation.	A ciel ouvert	78	45
	Souterrains	215	147
Machines à vapeur d'extraction.	Nombre	23	18
	Force en chevaux	253	211
— d'épuisement.	Nombre	31	27
	Force en chevaux	611	539
Ouvriers	Nombre	1.984	1.454
	Salaire annuel moyen	927	831

L'exploitation des minières a été de moins en moins active depuis 1873. Pour permettre d'en juger, nous indiquons ci-dessous la production pendant la période quinquennale 1872-1876 :

ANNÉES.	MINERAI BRUT.		MINERAI LAVÉ.		PRODUCTION TOTALE	
	Tonnes.	Valeur en francs.	Tonnes.	Valeur en francs.	des mines et des minières, en tonnes.	Valeur en francs du minerai lavé.
1872	856.305	6.451.644	695.168	6.942.289	749.781	7.390.442
1873	926.871	6.874.535	740.902	7.512.172	777.252	7.831.037
1874	647.894	4.628.623	500.820	5.010.668	527.050	5.174.173
1875	418.907	3.118.152	341.148	3.292.913	365.044	3.[illegible].119
1876	310.852	2.268.484	254.746	2.381.354	269.206	2.457.994

USINES MÉTALLURGIQUES.

1° Hauts-fourneaux.

		ANNÉES.	
		1875.	1876.
Nombre des hauts-fourneaux actifs.	Au coke.	41	30
	Au bois.	1	1
— — inactifs.	Au coke.	30	30
	Au bois.	2	2
Machines à vapeur.	Nombre.	235	23[illegible]
	Force en chevaux.	8.760	6.2[illegible]
Nombre des ouvriers.		4.078	3.43[illegible]

Produits des hauts-fourneaux.

PRODUITS.	1875.		1876.	
	Poids.	Prix moyen.	Poids.	Prix moyen.
	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
Fonte de moulage.	63.130	89,48	48.450	79.17
Fonte d'affinage.	478.675	73,17	442.058	66,54
Production et valeur totales.	541.805	40.775.742	490.508	33.131.857

En 1872, année de grande prospérité, la production de la fonte s'était élevée à 655.565 tonnes, valant 65.420.580 francs.

2° Fabriques de fer proprement dites.

CONSISTANCE DES USINES.	ANNÉES. 1875.	1876.
Nombre des usines	54	55
Foyers d'affinerie au charbon de bois	7	7
Fours à puddler	676	805
Fours à réchauffer	289	342
Marteaux et martinets	122	121
Trains de laminoir	228	230
Machines à vapeur — Nombre	592	604
Machines à vapeur — Force en chevaux	16.404	17.211
Ouvriers	14.151	13.008

La *production* a été la suivante :

		POIDS. tonnes.	VALEUR. francs.
Produits divers en fer	En 1875	436.440	89.886.188
	En 1876	399.138	71.368.640

En 1872, elle s'élevait à 502.377 tonnes, valant 124.481.361 fr.

3° Usines à ouvrer le fer.

CONSISTANCE DES USINES.	ANNÉES. 1875.	1876.
Nombre des usines	57	56
Fours à réverbère	37	35
Fours à réchauffer	146	166
Martinets et pilons	53	49
Laminoirs	23	30
Machines à vapeur — Nombre	41	13
Machines à vapeur — Force en chevaux	584	172
Ouvriers	1.026	979

		POIDS. tonnes.	VALEUR. francs.
Production	En 1875	20.440	7.724.842
	En 1876	17.076	5.738.620

C'est en 1871 que les chiffres les plus élevés ont été atteints, savoir : 33.145 tonnes de fer ouvré, d'une valeur de 10.852.997 fr.

4° Aciéries.

La Belgique ne possède que trois aciéries, situées dans la province de Liége. Ces usines sont très-importantes ; elles ont occupé 1.672 ouvriers en 1875, 1.564 en 1876.

La production des aciers s'est accrue d'une manière extrêmement remarquable, en Belgique, depuis dix ans, comme l'indique le tableau ci-dessous :

ANNÉES.	ACIER PRODUIT.	VALEUR.
1867	2.833	1.141.735
1868	2.510	986.324
1869	5.420	2.190.000
1870	9.563	2.427.357
1871	8.900	3.170.000
1872	15.284	5.584.000
1873	19.056	7.780.000
1874	20 953	8.958.000
1875	47.200	14.124.000
1876	75.258	15.641.283

5° Industrie du plomb, du cuivre et du zinc.

PRODUCTION.	1875.		1876.	
	Poids.	Valeur.	Poids.	Valeur.
	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
Plomb	7.459	3.964.027	7.275	3.888.752
Cuivre	2.615	6.470.900	2.592	6.172.500
Zinc	73.436	43.852.790	70.369	40.139.176
Totaux	83.510	54.287.717	80.236	50.200.428

Depuis dix ans, la production du plomb a diminué d'environ un tiers, tandis que celle du cuivre et surtout celle du zinc ont augmenté. En 1867, 20 usines à zinc (une de moins qu'en 1876), avaient produit 54.960 tonnes, d'une valeur de 29.621.544 francs.

ACCIDENTS.

La statistique belge confond les accidents arrivés dans les mines de houille, les mines métalliques et les minières.

		1875.	1876.
Nombre total des victimes		441	246
— des ouvriers occupés		115.630	112.791
Par 1.000 ouvriers nombre des	accidents	20	20
	blessés	7	4
	tués	31	17
	victimes	38	21

Les causes des accidents ont été relevées avec soin ; en voici le détail pour 1876 :

NATURE DES ACCIDENTS.	NOMBRE d'accidents.	NOMBRE DE VICTIMES.	
		Blessés.	Tués.
Dans les puits { par les appareils d'extraction. . . .	23	4	20
Dans les puits { par les échelles.	6	1	5
Dans les puits { par des causes diverses.	31	5	32
Éboulements, chutes de pierres, etc.	69	11	64
Grisou.	5	7	2
Inondations.	»	»	»
Emploi de la poudre.	11	10	5
Causes diverses.	78	11	69
Totaux.	223	49	197

(*Extrait par* M. KELLER, *ingénieur des mines*, de la Statistique des industries minières et métallurgiques et des carrières, dressée par MM. Jochams, inspecteur général des mines et Witmeur, ingénieur des mines, attaché au ministère des travaux publics de Belgique.)

NOTE SUR L'EXPLOSION DE GRISOU DE BLANTYRE (ÉCOSSE).

Par M. ED. SAUVAGE, ingénieur des mines.

Le 22 octobre 1877, vers 9 heures du matin, une explosion de grisou faisait 207 victimes dans la houillère de Blantyre, en Écosse. C'est de beaucoup la plus terrible des catastrophes survenues dans les mines de ce pays ; l'explosion de Nitshill, en 1851, où périrent 61 personnes, était jusqu'alors la plus grave. MM. les inspecteurs des mines Moore, Wales et Willis ont rédigé un rapport sur cet accident : j'en ai extrait les détails qui suivent. Ce rapport décrit d'abord la situation de la houillère, les méthodes d'exploitation suivies, la ventilation de la mine, puis l'accident même et les travaux de recherche et de sauvetage ; enfin les auteurs discutent les causes de l'explosion. Je suivrai le même ordre dans cette note.

La mine de Blantyre fait partie d'un groupe de houillères récemment ouvertes autour de la station ouest de Hamilton, dans les

couches les plus profondes (parmi celles qui sont exploitées actuellement) du bassin du comté de Lanark. Ces couches sont au nombre de trois, savoir, en commençant par la plus élevée :

La couche d'*Ell Coal*, épaisse de.	2^m,13
La couche de *Main Coal*, épaisse de.	1^m,35
La couche de *Splint Coal*, épaisse de.	1^m,70

Leur inclinaison est très-faible, de 4 degrés environ.

La houillère comprend cinq puits :

Le puits n° 1, rectangulaire, de 7^m,30 sur 2^m,45, sert à l'exploitation de la couche d'*Ell Coal*, à la profondeur de 212 mètres et de celle de *Main Coal*, à la profondeur de 257 mètres.

Le puits n° 2, de 4^m,90 sur 2^m,45, sert à l'exploitation du *Splint Coal*, à la profondeur de 238 mètres.

Les puits n°s 3 et 4, de 7^m,30 sur 2^m,45, servent à l'exploitation de la même couche, aux profondeurs de 283 mètres et 243 mètres.

Enfin le puits n° 5, circulaire, de 3^m,05 de diamètre, et de 232 mètres de profondeur jusqu'au *Splint Coal*, sert exclusivement à l'aérage. L'air, entrant par les puits n°s 1, 2 et 3, sort par ce puits. Les travaux desservis par le puits n° 4 sont complétement indépendants de tous les autres.

Les puits n°s 1 et 2 ont été ouverts en 1872, le puits n° 5 en 1876, et les n°s 3 et 4 en 1877.

Quant à la situation respective de ces différents puits, si nous prenons le n° 2 comme centre, nous trouverons le n° 3 à 621 mètres de distance (en projection horizontale), en descendant suivant la ligne de plus grande pente des couches, c'est-à-dire vers l'est ; nous rencontrerons, à moitié chemin, le n° 1 (sur le plan seulement puisqu'il n'atteint pas le *Splint Coal*). Le n° 4 est à 1.200 mètres au nord du n° 2 ; enfin le n° 3 en est à 27 mètres.

L'exploitation commencée en 1872, a produit, jusqu'à présent, 880.000 tonnes de houille. Les travaux occupent une surface de 220 hectares dans l'*Ell Coal*, de 25 hectares dans le *Main Coal* et de 57 hectares dans le *Splint Coal*.

Les galeries ouvertes dans ces trois couches communiquent entre elles par des puits intérieurs.

L'exploitation se fait par galeries et piliers et par grandes tailles avec remblais (*long wall*); cette dernière méthode est employée dans le *Main Coal* (la plus mince des trois couches), et dans quelques parties de l'*Ell Coal*. Dans le *Splint Coal*, qu'on exploite uniquement par galeries et piliers, les piliers ont 6 mètres de côté et les galeries 3^m,60 de largeur. On enlève ainsi, pendant

le traçage, 30 p. 100 environ de la masse; restent 70 p. 100 à extraire plus tard par dépilage. Au toit des galeries on laisse une planche de charbon de $0^m,30$ d'épaisseur, afin de soutenir les roches ébouleuses qui recouvrent la houille.

J'appellerai l'attention sur le fait qu'il y a très-peu d'eau dans la mine et seulement le long des parois des puits. Il n'y a pas de pompe d'épuisement, des bennes à eau manœuvrées par les machines d'extraction suffisent largement. En particulier la couche de *Splint Coal* est parfaitement sèche.

La ventilation se fait au moyen d'un foyer installé au bas du puits n° 5; ce foyer est composé de 3 grilles, chacune de $2^m,13$ sur $1^m,22$, mais dont deux seulement servent à la fois. Le feu, entretenu jour et nuit, appelle environ 3.000 mètres cubes d'air par minute, moyennant une consommation de 5 tonnes de houille par 24 heures. Cette quantité totale d'air se compose (ou du moins se composait au moment de l'accident) des divers courants dont l'énumération suit :

1° 1.400 mètres cubes descendant par le puits n° 1 et ventilant les travaux des couches d'*Ell* et de *Main Coal*, puis arrivant au puits de retour par un puits intérieur et une galerie dans le *Splint Coal*;

2° 750 à 850 mètres cubes descendant par le puits n° 2 dans le *Splint Coal* et se divisant en deux : un courant de 450 à 550 mètres cubes, se dirigeant vers le nord en ventilant des chantiers, puis revenant au puits n° 5, le long des fronts de taille les plus élevés, et un autre courant, de 300 mètres cubes, suivant une galerie de niveau vers le sud, puis revenant vers les fronts de taille;

3° 730 mètres cubes descendant par le puits n° 3 et se divisant également en deux courants, dont l'un ventilant tous les chantiers situés au nord du puits et l'autre tous ceux situés au midi. Ces deux courants se réunissent et passent alors dans les travaux du puits n° 2; là ils se divisent de nouveau en deux branches, l'une, de 280 mètres cubes, ventilant les travaux situés au nord-est du puits, puis aboutissant au puits de retour, et l'autre, de 450 mètres cubes, ventilant les chantiers au sud-ouest du puits et se réunissant au courant de ventilation des chantiers au sud du même puits pour arriver au puits n° 3.

Le tableau suivant donne la longueur des chemins parcourus par les divers courants dans le *Splint Coal* :

PUITS N° 3.

Courant sud (365 mèt. c.), pour 50 hommes..........	2.070 mèt.
Courant nord (365 mèt. c.), pour 50 hommes..........	2.340 —

PUITS N° 2.

Courant du sud-ouest, 450 mètres cubes pour 50 hommes, y compris la distance moyenne parcourue par ce courant dans les travaux du puits n° 3.	7.450	—
Courant du nord-est, 280 mètres cubes pour 20 hommes. . .	3.280	—
Courant du sud, 300 mètres cubes pour 25 hommes.	2.600	—
Courant du nord, 450 à 550 mètres cubes pour 25 hommes.	3.370	—

Des cloisons en briques et chaux ou en planches de sapin lorsqu'elles ne sont que provisoires, dirigent le courant d'air; elles l'amènent tout le long des fronts de taille, les galeries situées en arrière des fronts de taille n'étant aérées que par diffusion à travers les interstices des planches des cloisons.

Dans presque tous les chantiers, sauf quelques-uns du puits n° 2, on se servait de lampes à feu nu et l'on faisait usage de poudre. Avant la descente des ouvriers, des surveillants (*firemen*) visitaient les chantiers. Le jour de l'accident, les *firemen*. descendus à 4h,40, avaient déclaré aux ouvriers, qui arrivèrent à partir de 5h. 1/2, que tout était en bon ordre, soit qu'il n'y eût de grisou nulle part, soit qu'ils eussent fait négligemment leur inspection : deux de ces hommes, qui vivent encore, ayant eu la chance de remonter quelques minutes avant l'explosion, déclarent également ne pas avoir vu de gaz.

Les effets de l'explosion à la surface du sol furent les suivants : un violent courant d'air, accompagné de flamme et de vapeur, s'échappa du puits n° 3 et dura plus d'une minute; une colonne de fumée s'échappa du puits de retour, et un léger courant d'air du puits n° 2 (*). Au puits n° 1 on n'observa rien : les ouvriers qui étaient dans les travaux de ce puits (ouverts dans les deux couches supérieures de charbon) ressentirent une légère commotion et remontèrent aussitôt. Le directeur de la mine, qui était occupé avec quelques ouvriers à ajuster une cage à la bouche du puits n° 3, fut brûlé par la flamme, tandis que des ouvriers furent renversés. La fumée fut visible au-dessus des puits pendant plusieurs minutes, et cette vue fit accourir des mineurs qui se trouvaient dans le voisinage.

Il y avait alors 233 hommes dans les travaux des puits n°s 2 et 3. 27 hommes sortirent immédiatement, ramenant 7 cadavres trouvés

(*) D'après le rapport des inspecteurs, un témoin oculaire déclare cependant avoir vu une colonne de fumée sortir de ce puits.

auprès de l'accrochage du puits n° 2 (*). Ce puits n'avait pas souffert et les cages y voyageaient sans entrave. Dans le puits n° 3, au contraire, les cages ne pouvaient plus fonctionner; en y descendant à l'aide d'une benne, on le trouva obstrué par des débris à 232 mètres de profondeur. L'air traversait néanmoins ces débris et continuait à descendre dans la mine, et l'on entendait des voix partant du fond du puits. On reconnut plus tard que ces débris, composés en grande partie des boisages du puits, avaient une épaisseur d'environ 25 mètres; il n'eût donc pas été possible de rétablir immédiatement un passage de ce côté.

Plusieurs explorateurs, parmi lesquels M. l'inspecteur Moore, descendirent par le puits n° 2 et s'avancèrent vers le sud : mais ils furent vite arrêtés par des éboulements et par le manque d'air respirable : ils trouvèrent quelques cadavres près du puits. La galerie inclinée qui conduisait vers le puits n° 3 était remplie de gaz irrespirables, mais elle ne paraissait être obstruée par aucun éboulement. Pour balayer ces gaz, on établit un barrage de manière à arrêter le courant d'air qui, partant du n° 2, ventilait les travaux au sud de ce puits; on voulait ainsi éviter de contrarier le courant venant du puits n° 3; en effet, ainsi que nous l'avons vu, ces deux courants se réunissaient pour arriver au puits de retour. L'opération réussit, et, vers 10 heures du soir, on put pénétrer dans cette galerie jusqu'au puits n° 3 : on y trouva quatre personnes vivantes mais gravement blessées. L'une d'elles, un jeune garçon, mourut presque aussitôt; les trois autres furent ramenées au jour, mais moururent aussi, à l'hôpital de Glasgow. On explora, aussi loin que l'on put, les travaux du puits n° 3, et l'on retrouva 17 cadavres. On estimait alors qu'il ne restait plus aucune personne vivante dans la mine.

Cependant on travaillait à déblayer le puits n° 3. On craignit un moment, mardi matin, le lendemain de l'explosion, que ce travail n'amenât un effondrement complet du puits, ce qui aurait laissé les explorateurs sans air; mais comme on pensait qu'il n'y avait plus que des cadavres à retirer et que l'ouverture du puits devait donner la voie la plus sûre pour les rechercher tous, on continua le déblayement. On atteignit la galerie de fond, sans accident, le samedi matin 27, en logeant une grande partie des débris dans

(*) Probablement l'un de ces 27 survivants est mort des suites de l'explosion car le chiffre de 207 sur 233 personnes indique que 26 seulement ont été sauvées.

le puits à eau qui s'ouvrait par-dessous et avait 6 mètres de profondeur.

Dès le lendemain de l'accident, on avait réussi à faire passer dans la mine les 2/3 de la quantité d'air normale, soit 2.000 mètres cubes par minute, en envoyant dans le puits de retour un jet de vapeur. La vapeur était fournie par quatre générateurs installés à la surface et elle descendait par un tuyau qui servait à l'amener à une machine intérieure. On put dès lors parcourir les chantiers situés au nord et au nord-ouest du puits n° 2, mais sans y trouver de corps. On reconnut plus tard que les ouvriers qui travaillaient dans ces chantiers les avaient quittés et qu'ils avaient été asphyxiés à 180 mètres du puits, dans une galerie inclinée.

Lorsque le puits n° 3 fut rouvert, la ventilation se rétablit à peu près complétement, et l'on put pénétrer dans tous les points de la mine, relever les cadavres et étudier les effets de l'explosion.

De nombreux éboulements du toit s'étaient produits, entre autres un qui obstruait la galerie de niveau du sud partant du puits n° 2. D'après les inspecteurs des mines, l'intensité de l'explosion a été la plus grande en deux points situés sur la communication la plus directe des puits n°s 2 et 3. Ils sont conduits à penser, d'après l'aspect des lieux, que l'explosion a commencé en un point situé entre l'endroit où l'air venant du puits n° 3 entre dans les travaux du puits n° 2, et celui où il rencontre le courant venant du n° 2. Le gaz se sera enflammé sur une lampe à feu nu. Ils ne croient pas que ce soit un coup de mine qui ait déterminé l'explosion dans un chantier, à cause du peu de dégâts causés auprès des chantiers avoisinant ce quartier de la mine.

Le rapport ajoute que la quantité de gaz inflammable devait être très-considérable, à en juger par les traces d'explosion retrouvées dans tous les travaux du puits n° 3 et dans ceux du sud et de l'est du puits n° 2, et par les brûlures que portaient un grand nombre de cadavres. Cette grande quantité de gaz se serait accumulée dans les galeries non ventilées qui existent en arrière des fronts de taille. Une couche de houille non exploitée, dite *Humph Coal*, qui se trouve entre les couches de *Splint* et de *Main Coal*, à 7^{m},50 de la première de ces couches, aurait pu aussi donner du gaz par des fentes provoquées par l'exploitation.

Quoi qu'il en soit, les conclusions du rapport sont les suivantes : Il y aurait lieu, dans l'avenir, d'employer des lampes de sûreté fermant à clef ; de proscrire l'emploi de la poudre ; de perfectionner le système de ventilation en ne laissant pas en dehors des courants d'air les galeries situées en arrière des fronts de taille, et aussi en

rectifiant en certains points des circuits trop longs parcourus par ces courants. Il faudrait aussi éviter les dispositions vicieuses comme celle qui consiste à ventiler une partie des travaux du puits n° 2 par de l'air ayant déjà circulé dans les chantiers du puits n° 3. Enfin il serait important de faire observer strictement par les ouvriers les mesures réglementaires, et de concentrer davantage les chantiers.

J'ajouterai que l'attention des auteurs du rapport ne paraît pas s'être portée sur deux points importants : l'un est la baisse subite et considérable du baromètre qui s'est produite le matin même de l'accident ; l'autre, plus important encore, est le rôle que les poussières ont joué dans l'accident, rôle dont on retrouve des traces nombreuses. Nous avons vu que la couche de *Splint Coal* était très-sèche. Le rapport lui-même indique qu'un volume considérable de fumée est sorti des puits et que cette fumée a été visible pendant plusieurs minutes. Cette fumée ne peut avoir été produite que par la combustion des poussières de houille. En outre, on concevrait assez difficilement qu'une flamme eût pu venir brûler le directeur de la mine à la bouche du puits n° 3, par lequel l'air entrait, sans qu'un mélange combustible capable de brûler pendant quelque temps, c'est-à-dire non exclusivement gazeux, ait été repoussé dans ce puits.

En examinant les dépositions faites par diverses personnes devant le comité d'enquête sur l'accident à Hamilton, on voit que le receveur du puits n° 2 déclare avoir vu sortir de ce puits, pendant une minute environ, une grande masse de fumée, mais pas de flamme. Dans le rapport, il est dit qu'un léger courant d'air sortit de ce puits, et cette déposition formelle, qui certes n'a pas été faite dans l'intention de soutenir une théorie, n'est même pas indiquée. Un homme qui travaillait dans un chantier du nord du puits n° 2, et qui, ayant senti la commotion de l'explosion, s'est enfui vers le puits en conservant sa lumière, dit avoir vu de la fumée arrivant de tous les côtés. Un des *firemen*, en parlant de l'état d'un certain quartier de la mine, dit qu'il n'y avait pas là de traces de carbonisation sur les boisages, ce qui semble indiquer implicitement qu'il y en avait en d'autres points. Or, ces traces de carbonisation sont des poussières de coke adhérentes, car un mélange simplement gazeux n'en laisse aucune sur le bois.

Ces quelques faits (on en aurait probablement signalé d'autres du même genre, si l'attention s'était portée sur ce point), ainsi que les circonstances dans lesquelles l'accident s'est produit, me paraissent prouver que les poussières de charbon ont joué un rôle

capital dans cette explosion, comme dans tant d'autres. Un mélange explosible a été enflammé soit par une lampe, soit par un coup de mine, en quelque point non connu exactement, et le feu s'est propagé de proche en proche sur une grande surface, dans un mélange d'air (plus ou moins chargé de grisou) et de poussière de houille Il est regrettable que l'enquête n'ait pas été dirigée de manière à mettre en lumière, dans le grave accident de Blantyre, cette cause remarquable de danger dans les houillères.

DES PRISES D'ESSAIS DE MINERAIS DANS LE COLORADO

Par M. T. EGLESTON, Ph. D.,

Traduction par M. Ed. SAUVAGE, ingénieur des mines.

M. T. Egleston, directeur de l'école des mines, de New-York, a publié dans l'*Engineering* une note intéressante sur des procédés usités dans le Colorado pour les prises d'essais des lots de minerais. J'en donne ici la traduction en supprimant les figures qui l'accompagnent : on peut très-bien suivre la description sans leur aide.

Il est essentiel d'avoir une prise d'essai convenable des minerais, soit pour la vente, soit pour le traitement. Les méthodes usitées en Europe, où tout le travail se fait à la main, sont longues et fastidieuses; dans le Colorado, où le prix de la main-d'œuvre est élevé, elles sont de plus très-coûteuses. Aussi on a fait, avec plus ou moins d'habileté et de succès, de nombreuses tentatives pour effectuer mécaniquement cette opération. On a toujours cherché à recueillir directement dans un broyeur une fraction donnée (un dixième généralement) d'une tonne de minerai bien mélangé, de manière à représenter la valeur moyenne d'un lot. Nous décrirons deux procédés employés à cet effet dans le Colorado, celui de la mine Lebanon (sous la direction du Dr. Pohle) et celui de l'usine de Bennet (*Bennet's Sampling Works*).

A l'usine de la mine Lebanon, le minerai, après avoir traversé le broyeur, est relevé par une chaîne sans fin et tombe dans une trémie. Cette trémie est recouverte d'une grille qui arrête les trop gros morceaux de minerai, ainsi que les fragments de bois, de cuir, etc., que la chaîne aurait pu ramasser. L'orifice inférieur de la trémie a $0^{m},05$ de diamètre. Au-dessous se trouve un appareil

composé de deux cônes en tôles opposés par leurs bases, dont l'axe est vertical et coïncide avec celui de la trémie. La pointe du cône supérieur est à 0m,062 au-dessous de la trémie; sa hauteur est de 0m,50 et il a 0m,60 de diamètre à la base. Quatre trous sont percés symétriquement sur la surface latérale de ce cône. Ces trous sont en forme de trapèze; leur base supérieure a 0m,025, leur base inférieure, 0m,20; leur hauteur est de 0m,15, et ils commencent à 0m,25 du sommet. Le cône inférieur se termine par un tube de 0m,05 de diamètre, qui aboutit à une boîte. Tout le minerai versé dans la trémie tombe sur le cône supérieur et une certaine fraction (un huitième dans l'espèce, on pourrait faire varier ce chiffre) en traverse les trous et arrive dans la boîte. Il est nécessaire de remplacer fréquemment la pointe du cône supérieur, qui s'use rapidement. — Quand tout un lot de minerai a été ainsi traité, on recommence l'opération sur la fraction qui a été recueillie à part, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on arrive à ne plus avoir qu'une masse d'une vingtaine de kilogrammes. On la tamise alors sur un crible de 40 fils au pouce (0m,025), et l'on achève l'opération de la prise d'essai comme d'habitude.

A l'usine de Bennet, le minerai est écrasé entre deux cylindres et il tombe sur une planche inclinée à 50°, divisée (suivant les lignes de plus grande pente) en neuf parties égales. Six de ces parties sont vides et ce qui les traverse tombe sur une autre planche semblable, divisée en dix parties égales, dont cinq vides. Cette planche est aussi inclinée à 50°, mais, en plan, ses lignes de plus grande pente sont perpendiculaires à celle de la première. Enfin ce qui a traversé les ouvertures de la seconde planche tombe sur une troisième, parallèle à la première, divisée en dix parties dont cinq ouvertes. Tout ce qui n'a pas passé à travers les planches inclinées forme le lot de minerai, et c'est sur ce qui a traversé la troisième que l'on prend l'essai.

A cet effet, on en forme un tas conique. On enlève une portion du minerai qui constitue ce tas avec une écope, en l'enfonçant de tous les côtés vers le centre et dans diverses directions. Quand le tas a perdu complètement sa forme primitive, on en refait un nouveau et l'on continue de même, ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il n'en reste plus qu'une pelletée. On verse ce résidu, pour le manier aisément, dans une cuve de lavage d'or (*pan*), qui a 0m,40 de diamètre à sa partie supérieure, 0m,25 de diamètre à la base, 0m,075 de hauteur. On le jette alors dans une boîte carrée en fer-blanc de 0m,425 de côté, divisée en 17 compartiments de 0m,025 de largeur par 16 bandes verticales: 8 de ces compartiments ont des

fonds et retiennent le minerai, les 9 autres le laissent tomber à terre. On remplit bien complétement cette boîte, posée à terre, en conservant, pour le traiter de même, ce qui pourrait en dépasser les bords, puis on la soulève. On recueille ainsi les 8/17^{m} du minerai, qu'on place dans une seconde boîte, de 0^{m},30 de côté et de 0^{m},075 de hauteur, divisée en 23 compartiments, dont 10 contiennent le minerai. Ce qui est ainsi recueilli passe sur un crible à fils espacés de 0^{m},008 environ, tendus au fond d'une boîte de 0^{m},40 sur 0^{m},30, profonde de 0^{m},115. Les morceaux qui ne traversent pas le crible sont écrasés avec une molette, sur une plaque de fonte de 0^{m},25 d'épaisseur. Cette molette, primitivement plate, s'arrondit bien vite. Une fois écrasés, ces morceaux retournent, avec ce qui a traversé le crible, dans la boîte à 23 compartiments, et, par deux ou trois passages successifs à travers cette boîte, on réduit le lot à ne plus peser que 1 à 2 kilogrammes. On le crible alors sur un tamis rond à 11 fils par 2 centimètres, et l'on écrase, pour le réunir au reste, ce qui ne le traverse pas. On fait passer le tout, bien mélangé, dans la boîte à 23 compartiments. On n'a plus alors qu'une petite quantité de minerai, qu'on verse avec un entonnoir dans un vase de métal. On envoie cet échantillon au laboratoire.

Au laboratoire, on réduit encore de moitié le volume de la prise d'essai, au moyen d'un appareil à plans inclinés semblable à celui de l'usine, mais beaucoup plus petit, puis on écrase le minerai avec une petite molette (sur une plaque de fonte de 0^{m},50 sur 0^{m},45, épaisse de 0^{m},025 entourée d'un cadre en bois facile à enlever), et on le crible sur un tamis à 28 fils au centimètre. On fait alors l'essai.

En pratique, toutes ces opérations se font très-simplement et très-rapidement. Les appareils nécessaires sont très-peu compliqués, et sont faciles à manier. Enfin la prise d'essai est très-bonne.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME TREIZIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

OBJETS DIVERS.

BULLETIN.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME TREIZIÈME.

Pl. I et II. Confection des outils d'ajustage.

Pl. III et Pl. IV, *fig.* 1 à 7. Mines d'Almaden.

Pl. IV, *fig.* 8 et 9. Lavage des tellurures au Colorado.

Pl. V, *fig.* 1 à 3. Four à puddler à air chaud et vapeur surchauffée.

Pl. V, *fig.* 4. Régulateur à boules de M. Andrade.

Pl. VI. Grilles à barreaux tournants.

Paris. — Imprimerie Arnous de Rivière, rue Racine, 26.

Fig. 23.

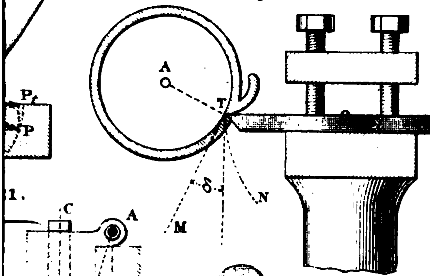
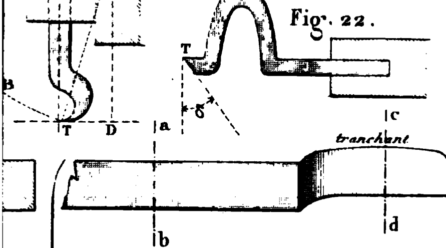


Fig. 22.



Outil ébaucheur pour tours,

section par ab

section par cd.

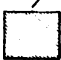
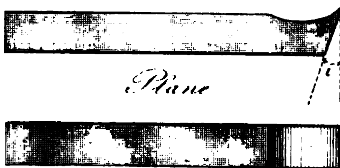


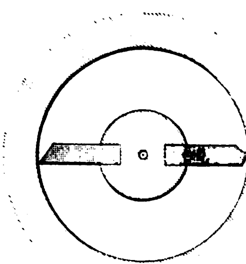


Fig. 24.

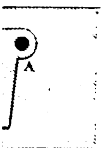


Plane

Fig. 25.

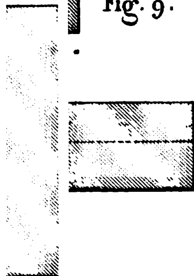


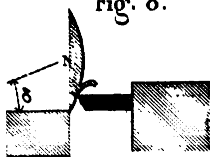
...g. 28.

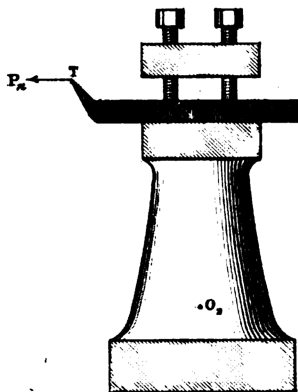


Macquet del. et sc.

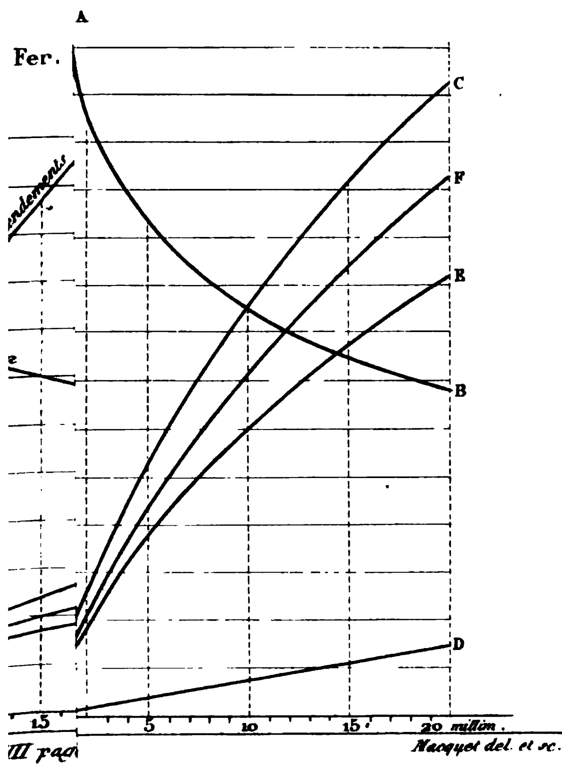






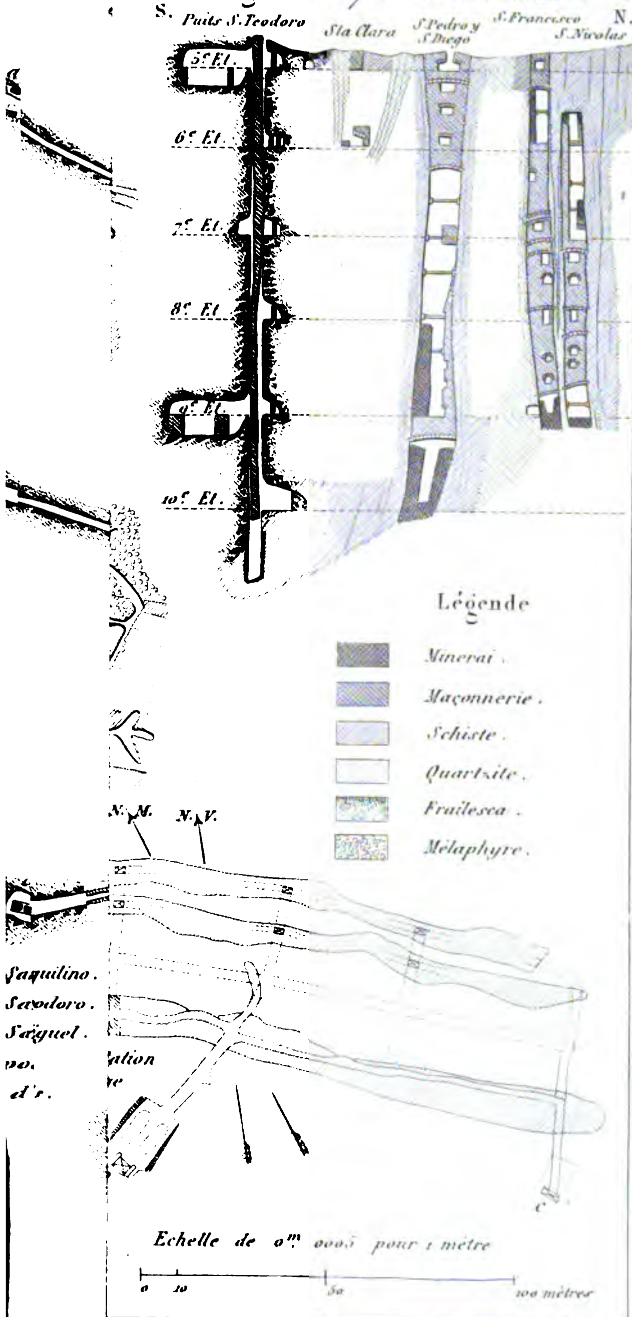


4e Tableau. —— Bronze



Macquet del. et sc.

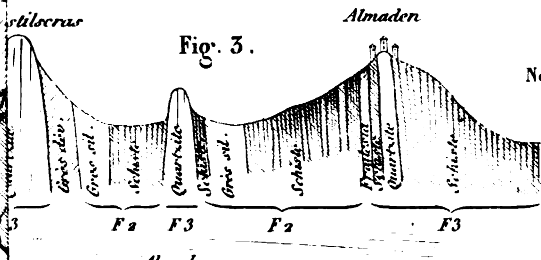


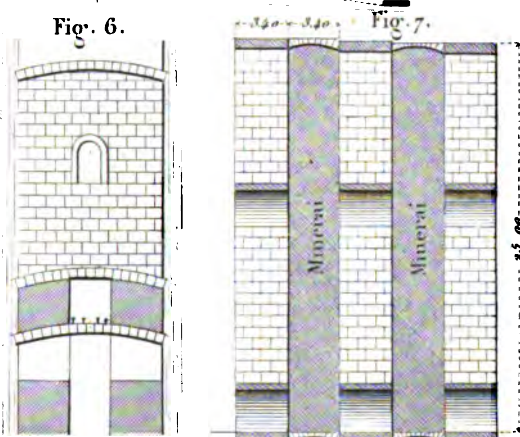


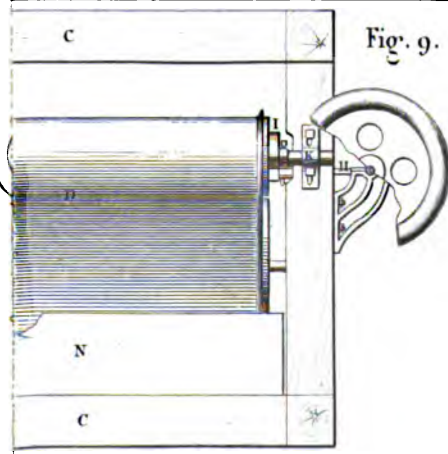
Macquet del. et sc.

Pl. IV.



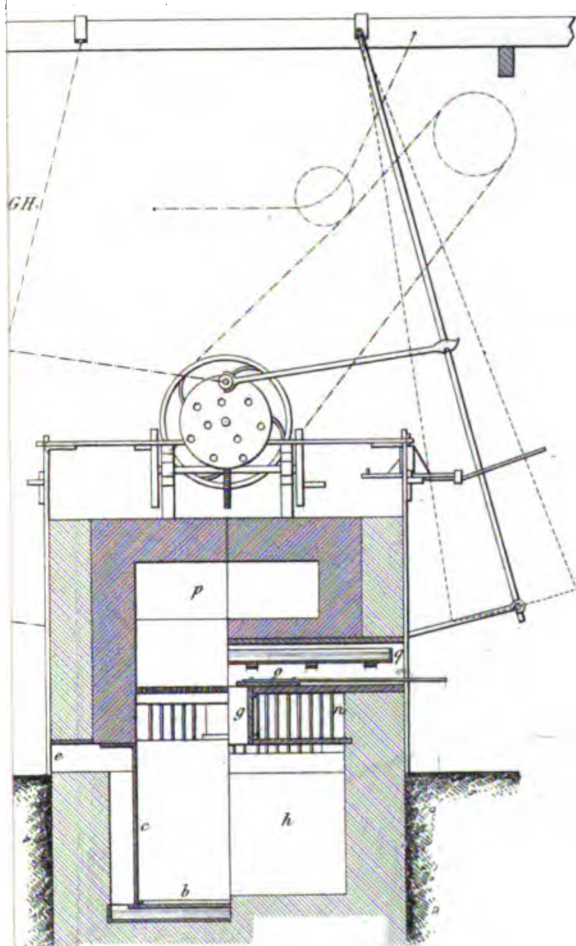






Macquet del. et sc.

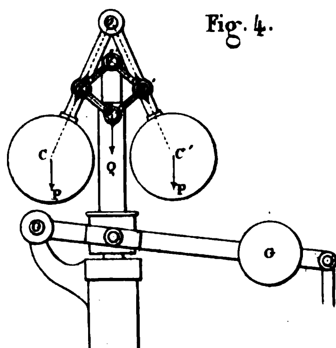




Puddler
surchauffée
-mécanique.

r 1 mètre

2 3 m.



Anna

Macquet sc.



Fig. 5

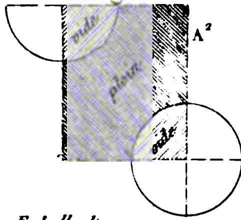


Fig. 6.

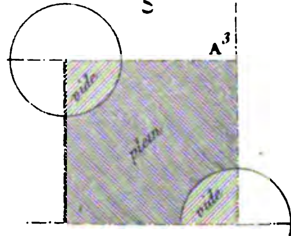


Fig. 8.

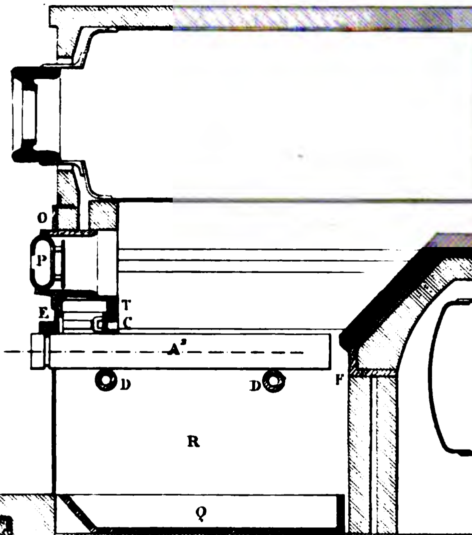
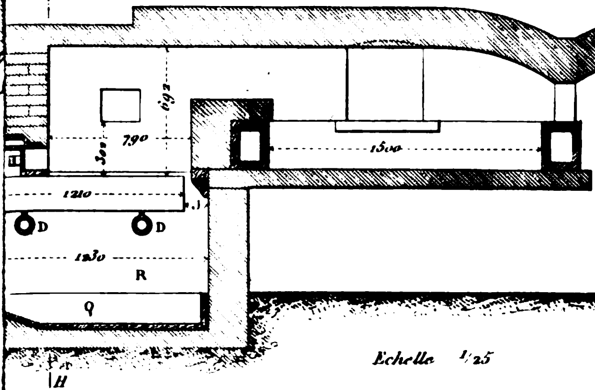


Fig. 12.



Macquet del. et sc.

